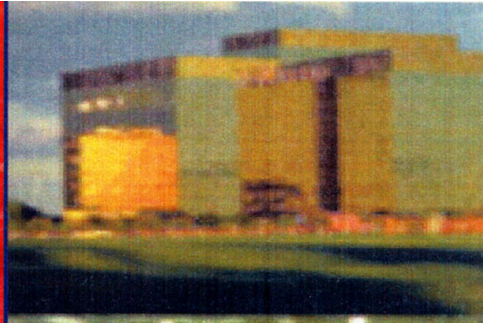
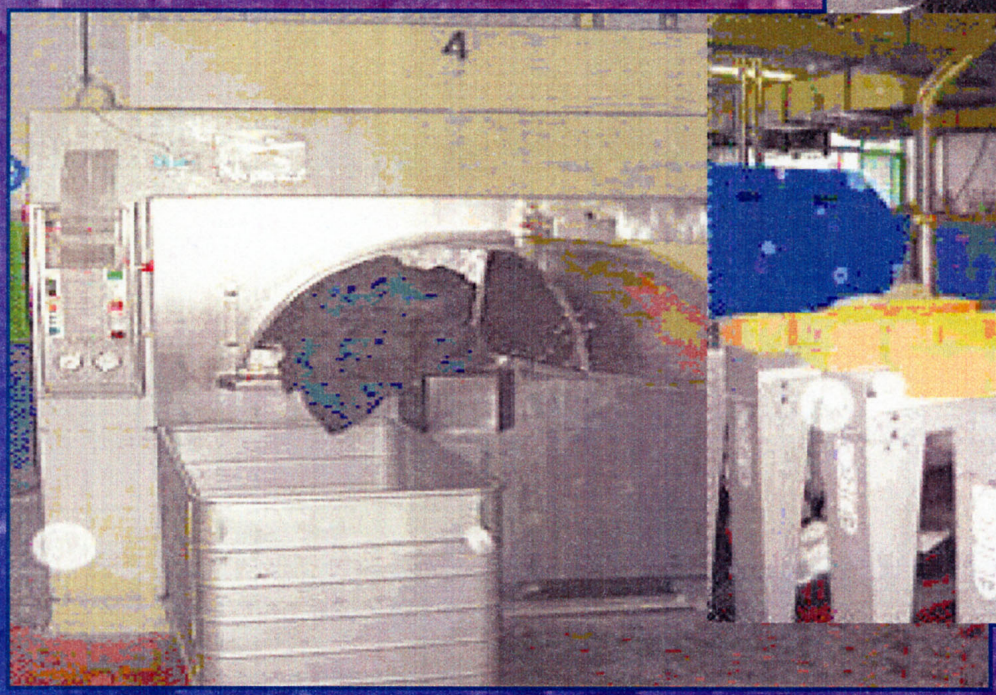
Il vapore nelle Lavanderie industriali





Il vostro partner per Soluzioni innovative

spirax sarco

INTRODUZIONE E CARATTERISTICHE FISICHE DEL VAPORE
DIMENSIONAMENTO TUBAZIONI VAPORE E CONDENSA
SCARICATORI DI CONDENSA E ACCESSORI DI LINEA

INDICE

Argomento	Pagina
Introduzione	2
Che cos'è il vapore?	2
Entalpia del liquido	2
Entalpia di evaporazione	2
Entalpia totale	2
Frazione secca e entalpia	3
Relazione fra la temp. e la pressione	3
Vapore surriscaldato	3
Vantaggi del vapore	4
Qualità del vapore	4
Tabelle Entalpiche del Vapore	5 - 11
La giusta pressione e temperatura	12
Purezza	12
Vapore secco	12
Colpi d'ariete	12
Condensato e vapore di rievaporazione	13
Distribuzione del vapore	13
Nozioni fondamentali sui sistemi vapore	14
Approccio strutturato per l'ingegneria e progettazione di un impianto vapore	15
Visione d'insieme	15
Documenti contrattuali	15
Bilancio vapore	15
Raccolta delle corrette informazioni	15
Condizioni del vapore	16
Disegno funzionale di distribuzione	16
Specifiche funzionali	16
Pressione di esercizio	16
Distribuzione ad alta pressione	16
Diagramma a blocchi di un sistema vap.	17
Dimensionamento tubazioni vapore	**18**
Portata delle tubaz. e perdite di carico	20
Tubazioni di deviazione e scarichi	23
Diagrammi per il dimensionam. tubazioni	24– 25
Linee di ritorno condense	26
Dimens. Tubazioni adduzione allo scaric.	27
Tubazioni di scarico dagli scaricatori	27
Dimens. In funzione del vapore di rievap.	28
Consideraz. sul dimenz. tubaz. condensa	29
Tubazioni vapore	32
Punti di drenaggio e riduzioni tubazioni	32
Derivazioni verso il basso	34
Percorrenza in salita	34
Scelta degli scaricatori di condensa	35
Tipi di scaricatori di condensa	36

Argomento	Pagina
Scaricatore termodinamico	36
Scaricatore a galleggiante sferico	37
Scaricatore a secchiello rovesciato	37
Scaricatore termostatico	37
Colpi d'ariete	37
Invaso di vapore	38
Accessori	38
Valvole a sfera	39
Valvole a soffietto	39
Valvole a farfalla	39
Valvole a pistone	40
Valvole di ritegno	40
Filtri	40
Separatori di condensa	41
Eliminatori d'aria	41
Spie visive	42
Rompivuoto	42

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

INTRODUZIONE

Prima di prendere in esame la parte tecnologica che riguarda l'Impianto Vapore in questione riteniamo indispensabile richiamare concetti fondamentali riguardanti il Vapore, la rete di distribuzione, il recupero delle condense, i componenti necessari per la distribuzione del Vapore, mettere in evidenza gli inconvenienti derivanti dagli errori più frequenti che vengono commessi durante la realizzazione e/o la progettazione sia nella scelte delle apparecchiature e della loro installazione, con gravi conseguenze di efficienza, di produttività.

Il vapore è stato utilizzato come fluido di processo o trasmettitore di energia fin dai primi giorni della rivoluzione industriale. Al giorno d'oggi esso è ancora comunemente utilizzato nell'industria non solo per la produzione di energia meccanica (cioè turbine a vapore per produrre energia elettrica) ma anche per numerose applicazioni di riscaldamento e di produzione.

I vantaggi nell'utilizzazione del vapore come fluido di processo sono:

- E' di facile distribuzione e controllo
- Può essere utilizzato sia come medesimo fluido di processo per la generazione combinata di energia e/o di processo e/o riscaldamento.

In aggiunta l'acqua ed il vapore possiedono le seguenti rilevanti qualità:

- Essa è chimicamente stabile e non è pericolosa per la salute.
- L'acqua viene trasformata in vapore ad una temperatura ben inferiore a quella corrispondente ai limiti di impiego dei metalli costituenti una caldaia.
- Sia l'acqua che il vapore possono essere paragonati ad una spugna che assorbe calore e la trasformazione dell'acqua in vapore richied e un considerevole assorbimento di calore.

Per questo motivo i costi e le dimensioni degli impianti termici sono relativamente contenuti.

- Il vapore può fornire calore a qualsiasi tipo di processo perché condensa a temperatura costante ed ha un considerevo le coefficiente di trasmissione di calore. La condensazione a temperatura costante elimina ogni gradiente di temperatura sulle superfici di trasmissione del calore stesso.

L'utilizzazione del vapore rappresenta un mezzo ideale per fornire esattamente la corretta quantità di energia termica al punto di utilizzazione e il vapore riesce a fare ciò in maniera efficiente senza che sia necessario utilizzare pompe di circolazione.

L'uso del vapore praticamente in ogni processo industriale e nei sistemi di riscaldamento è stato evidente per ben oltre cento anni e ciò è principalmente dovuto a:

- la sua elevata idoneità all'uso per riscaldamento
- la semplicità di distribuire questa energia termica a mezzo tubazioni
- la facilità di controllo.

I vantaggi forniti dall'utilizzo di vapore per i processi industriali e per il riscaldamento non possono essere sostituiti in modo soddisfacente da altri fluidi.

CHE COS'E' IL VAPORE?

Generare vapore significa riscaldare l'acqua fino al suo punto di ebollizione quindi aggiungervi ulteriore calore per trasformare l'acqua in ebollizione in vapore. Queste due fasi sono state chiamate in diversi modi nel corso degli anni e possono essere riportate nei termini che seguono:

Entalpia del liquido, calore sensibile o h_f .

E' il calore necessario per aumentare la temperatura dell'acqua fino a quella di ebollizione. Il termine calore sensibile veniva utilizzato perché il calore aggiunto all'acqua produceva una variazione di temperatura; invece il termine comunemente utilizzato al giorno d'oggi è entalpia del liquido.

La quantità di calore necessaria per fare aumentare la temperatura di 1 kg di acqua da 0 °C a quella di ebollizione può essere desunta dalle Tavole del Vapore riportate al termine di questa pubblicazione.

Ad esempio: alla pressione atmosferica (0 bar g) l'acqua bolle a 100 °C e 419 kj di energia sono necessari per riscaldare 1 kg di acqua da 0 °C alla sua temperatura di ebollizione di 100 °C.

Entalpia di evaporazione, calore latente o h_{fg} .

E' la quantità di calore necessaria per trasformare lo stato dell'acqua al suo punto di ebollizione in vapore.

Quando si aggiunge calore, non vi è alcuna variazione nella temperatura della miscela vapore/acqua e tutta l'energia viene impiegata per cambiare lo stato da liquido (acqua) in gas (vapore). Il meno recente termine calore latente era dovuto al fatto che sebbene si aggiungesse calore non vi era alcuna variazione di temperatura. Ad ogni buon conto, il termine oggi utilizzato è entalpia di evaporazione.

Ancora, la quantità di calore necessaria per evaporare 1 kg di acqua alla propria temperatura di evaporazione si trova nelle Tavole del Vapore delle pagine che seguono.

Ad esempio, alla pressione atmosferica (0 bar g), abbiamo bisogno di 2258 kj di energia per evaporare 1 kg di acqua a 100 °C in 1 kg di vapore a 100 °C.

Energia totale o h_g.

E' l'energia totale del vapore ed è ottenuta semplicemente sommando l'entalpia del liquido e quella dell'evaporazione. Anche questa informazione può essere trovata nelle Tavole del Vapore citate.

Ad esempio: alla pressione atmosferica (0 bar g), l'acqua va in ebollizione a 100 °C e sono necessari 419 kj di energia per riscaldare 1 kg di acqua da 0 °C alla propria temperatura di

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

ebollizione di 100°C. Altri 2258 kj di energia sono richiesti per evaporare 1 kg di acqua a 100 °C in 1 kg di vapore a 100 °C.
Quindi, per ottenere l'energia totale: 419 + 2258 = 2677 kj.

Pressione	Temper.	Entalpia kj/kg			Volume
Bar	°C	h_f Acqua	h_{fg} Evaporaz.	h_g Vapore	m^3/kg
0	100	419	2257	2676	1,673
1	120	506	2202	2708	0,881
2	134	562	2164	2726	0,603
3	144	605	2135	2740	0,461
4	152	671	2109	2750	0,374
5	159	641	2087	2758	0,315
6	165	697	2067	2764	0,272
7	170	721	2049	2770	0,240
8	175	744	2032	2776	0,215
9	180	763	2016	2779	0,194
10	184	782	2001	2783	0,177
11	188	799	1987	2786	0,163
12	192	816	1973	2789	0,151
13	195	831	1961	2792	0,141
14	198	846	1948	2794	0,132
15	201	860	1936	2796	0,124

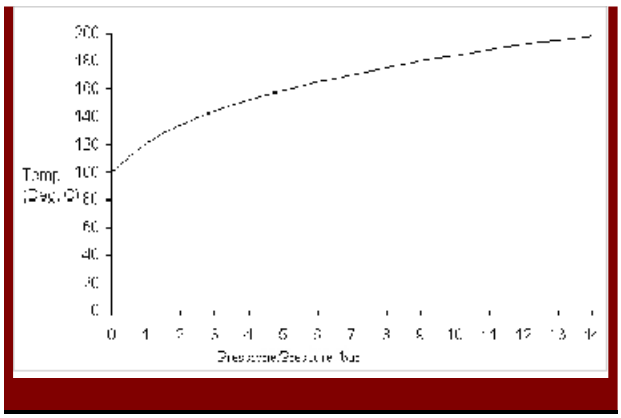
La conversione dell'entalpia da kj/kg in kcal/h è: kj/kg moltiplicato 0,2388459 = kcal/kg.

Quando il vapore trasferisce il proprio calore al processo, è l'entalpia di evaporazione che si trasferisce per prima. Il vapore tornerà poi a condensarsi in acqua alla medesima temperatura. Così possiamo affermare che l'entalpia di evaporazione è effettivamente l'energia data all'acqua alla temperatura di ebollizione per trasformarsi in vapore e poi estratta al processo nel momento in cui il vapore torna a condensarsi in acqua. Il vapore alla pressione atmosferica è di uso pratico alquanto limitato. Ciò è dovuto al fatto che esso non può essere convogliato sotto la propria pressione in una tubazione fino al punto di utilizzazione. Perciò, per venire utilizzato nella pratica deve essere generato in una **Caldaia** (impianto di generazione del vapore) ad una pressione che dipende dagli scopi per cui esso verrà impiegato. Qualora l'acqua venga tenuta ad una pressione superiore a quella atmosferica, affinchè si verifichi l'ebollizione sarà necessario che la sua temperatura superi i 100 °C.

Frazione secca ed Entalpia
Il vapore prodotto al punto di ebollizione corrispondente da una specifica pressione è chiamato **vapore saturo secco**, ma in realtà la produzione di vapore completamente secco in un impianto di caldaie industriali è un evento difficilmente realizzabile perchè normalmente il vapore generato contiene goccioline di acqua. Se il contenuto d'acqua nel vapore è il 10% in peso, allora si dice che il vapore è secco al 90% e ha una **frazione secca di 0,9.**
Quindi la vera entalpia di evaporazione (energia termica) del vapore non è il valore $\mathbf{h_{fg}}$ risultante dalle Tavole del Vapore, ma il prodotto della frazione secca **x** per $\mathbf{h_{fg}}$**.** La "vera" entalpia di evaporazione del vapore umido è il prodotto della frazione secca (x) e
l'entalpia specifica (h_{fg}) che si ricava dalle Tavole del Vapore.

entalpia attuale = entalpia di evaporazione x frazione secca

Relazione tra la temperatura e la pressione del vapore.
Se osserviamo le Tavole del Vapore e tracciamo un diagramma della temperatura rispetto alla pressione, otteniamo la curva riportata nella figura. Questa curva è denominata **curva di saturazione**. L'acqua e il vapore possono coesistere a qualsiasi pressione sulla curva, essendo entrambi alla temperatura di ebollizione. L'acqua ed il vapore in tale stato di ebollizione (o di condensazione) sono denominati rispettivamente **acqua satura** e **vapore saturo**, perché sono saturi di energia termica. Se il vapore saturo non è in presenza di acqua satura, allora esso viene denominato **vapore saturo secco**.



Curva di saturazione del Vapore

Il vapore quando si trova sopra alla curva di saturazione è denominato vapore surriscaldato.La temperatura del vapore superiore a quella di saturazione è indicata come grado di surriscaldamento del vapore. L'acqua quando si trova al di sotto di tale curva è invece denominata acqua sub-satura.
Vapore surriscaldato.
Qualora il vapore prodotto in una caldaia fosse esposto ad una superficie con una temperatura maggiore, la temperatura del vapore stesso aumenterebbe fino a superare quella di evaporazione.
Il vapore allora verrebbe definito come **surriscaldato** di tanti gradi quanti quelli

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

intercorrenti tra la sua temperatura attuale e quella di saturazione.
Il surriscaldamento non può essere dato al vapore fintanto che esso si trova all'interno della caldaia. Il vapore saturo deve passare attraverso uno **scambiatore di calore** aggiuntivo in cui il mezzo di riscaldamento primario è normalmente costituito dai fumi caldi provenienti dalla combustione.
Il vapore surriscaldato viene utilizzato principalmente per la produzione di energia a mezzo turbine in cui il vapore viene diretto da ugelli su rotori appositamente previsti e sagomati.
Questo imprime al rotore un elevato moto di rotazione. L'energia necessaria per rendere possibile il movimento può provenire solamente dal vapore; perciò ne consegue che il vapore una volta che è passato attraverso il rotore, possiede meno energia. Se il vapore fosse alla
temperatura di saturazione, tale perdita di energia provocherebbe la condensazione di parte del vapore stesso. Inoltre, le turbine hanno sempre un certo numero di "stadi", per cui il vapore scaricato dalla prima sezione viene diretto ad una seconda sezione posta sullo stesso
albero e così via. Ciò significa che il vapore saturo diventerebbe sempre più umido al termine di ogni stadio successivo. Questo non solo comporterebbe dei colpi d'ariete all'interno della turbina, ma le particelle d'acqua causerebbero altresì una seria erosione sulle pale della turbina stessa.
Questa non è la sola ragione per cui in turbina si usa vapore surriscaldato: il vapore surriscaldato può essere infatti convogliato a velocità significativamente più elevate non solo attraverso i tubi, ma anche attraverso gli ugelli delle macchine.
Il vapore surriscaldato in una turbina di una centrale elettrica può essere ad esempio a 150 bar g ed a 550 °C, di cui oltre 200 °C sono di surriscaldamento. L'energia nella parte surriscaldata può essere determinata nel modo seguente:
hg per vapore saturo a 150 bar g = 2607 kj/kg
hg per vapore a 150 bar g/550 °C = 3445 kj/kg
per cui l'energia del surriscaldamento = 3445 - 2607 = 838 kj/kg

Vapore: I vantaggi

•In virtù del suo alto contenuto termico il vapore, per convogliare una data quantità di calore solitamente necessita di tubazioni di dimensioni più ridotte rispetto ai sistemi che usano fluidi liquidi. Ciò comporta un minor capitale investito.

•Le tubazioni per vapore sono relativamente leggere in peso. In un sistema ad acqua 50 metri di tubazione del diametro di 150 mm contengono 930 kg d'acqua; invece il peso del vapore a 6 bar g nella tubazione di uguale diametro e lunghezza è approssimativamente di 4 kg. Ciò naturalmente semplifica le strutture meccaniche di sostegno delle tubazioni.

•La portata di vapore è funzione della differenza di pressione sulla linea, non vi è quindi necessità di usare costose pompe di circolazione. E' vero che un impianto a vapore richiede pompe di alimento della caldaia e forse pompe di ritorno condensato ma il confronto è
sempre a favore del vapore.

• Il vapore è un fluido "flessibile" in quanto, entro i limiti della potenzialità produttiva del vapore stesso si possono aggiungere o togliere carichi senza sbilanciare l'impianto od alterarne la funzionalità. Quanto sopra non accade con impianti che usano fluidi liquidi in quanto questi sistemi necessitano di:
1. pompe a velocità variabile
2. sistemi di taratura e bilanciamento idraulico
3. controlli della pressione diffferenziale.

-Gli impianti a vapore non necessitano di valvole di regolazione a tre vie, ma il sistema viene normalmente controllato usando valvole a due vie.
-Il vapore presenta un certo numero di vantaggi per l'utenza finale:
-I coefficienti di scambio termico risultano spesso doppi rispetto a quelli corrispondenti di un impianto ad acqua; gli impianti a vapore sono quindi di dimensioni minori.
-Il vapore riempie tutti gli spazi disponibili a temperatura uniforme evitando così i costi relativi a deviatori o raddrizzatori di flusso. Temperature più basse sono prontamente ottenute con valvole riduttrici di pressione poste nel punto di utilizzo.
-La uniforme temperatura del vapore in tutti i processi industriali a scambio termico presenta vantaggi rispetto a sistemi ad olio ad alta temperatura oppure ad acqua surriscaldata poiché l'uso di questi fluidi presuppone l'accettazione di gradienti di temperatura sulle superfici di scambio. Questo è un notevole vantaggio in quei processi che richiedono una uniforme temperatura di scambio.

Qualità del vapore

Il vapore dovrebbe essere:
•disponibile al punto d'uso
•disponibile nella quantità necessaria
•a pressione ed a temperatura previste
•esente da aria e gas incondensabili
•esente da corpi estranei
•secco

Esaminiamo queste caratteristiche punto per punto.

La quantità necessaria deve:

corrispondere alle esigenze applicative. La quantità necessaria deve essere adeguatamente calcolata e le tubazioni devono essere dimensionate in modo idoneo.

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

Caratteristiche fisiche del vapore saturo - unità SI e ST

P_g = pressione al manometro
Pa = pressione assoluta
T = temperatura
V = volume specifico
h_f = entalpia specifica del liquido
h_{fg} = entalpia specifica di vaporizzazione
h_g = entalpia specifica del vapore saturo

P_g		Pa		T		V	h_f		h_{fg}		h_g	
bar	kg/cm²	bar	kg/cm²	K	°C	m³/kg	kJ/kg	kcal/kg	kJ/kg	kcal/kg	kJ/kg	kcal/k
		0,050	0,051	306,05	32,9	28,191	137,7	32,9	2425,0	579,2	2562,7	612,1
		0,100	0,102	318,95	45,8	14,674	191,8	45,8	2394,4	571,9	2586,2	617,7
		0,150	0,153	327,15	54,0	10,023	225,9	54,0	2374,8	567,2	2600,7	621,2
		0,200	0,204	333,15	60,0	7,650	251,5	60,1	2359,7	563,6	2611,2	623,7
		0,250	0,255	338,15	65,0	6,204	272,0	65,0	2347,5	560,7	2619,5	625,7
		0,300	0,306	342,25	69,1	5,229	289,3	69,1	2337,5	558,3	2626,8	627,4
		0,350	0,357	345,85	72,7	4,526	304,3	72,7	2328,7	556,2	2633,0	628,9
		0,400	0,408	349,05	75,9	3,994	317,6	75,9	2320,7	554,3	2638,3	630,2
		0,450	0,459	351,85	78,7	3,577	329,6	78,8	2313,6	552,6	2643,2	631,4
		0,500	0,510	354,45	81,3	3,240	340,5	81,4	2306,9	551,0	2647,4	632,4
		0,6	0,612	359,05	85,9	2,732	359,9	86,0	2295,2	548,2	2655,1	634,2
		0,7	0,714	363,05	89,9	2,365	376,7	90,0	2284,3	545,6	2661,0	635,6
		0,8	0,816	366,65	93,5	2,087	391,7	93,6	2275,5	543,5	2667,2	637,1
		0,9	0,918	369,85	96,7	1,869	405,2	96,8	2267,2	541,5	2672,4	638,3
		1,0	1,020	372,75	99,6	1,694	417,5	99,8	2259,2	539,6	2676,7	639,4
0	0	1,013	1,033	373,15	100,0	1,673	419,1	100,1	2258,4	539,4	2677,5	639,5
0,05	0,051	1,063	1,084	374,55	101,4	1,601	425,0	101,5	2254,2	538,4	2679,1	639,9
0,10	0,102	1,113	1,135	375,75	102,6	1,533	430,4	102,8	2251,2	537,7	2681,6	640,5
0,15	0,153	1,163	1,186	378,25	105,1	1,471	435,8	104,1	2247,9	536,9	2683,7	641,0
0,20	0,204	1,213	1,237	379,35	106,2	1,414	440,9	105,3	2245,0	536,2	2685,8	641,5
0,30	0,306	1,313	1,339	380,55	107,4	1,312	450,5	107,6	2238,7	534,7	2689,2	642,3
0,40	0,408	1,413	1,441	382,65	109,5	1,225	459,7	109,8	2232,8	533,3	2692,5	643,1
0,50	0,510	1,513	1,543	384,75	111,6	1,149	468,5	111,9	2227,0	531,9	2695,5	643,8
0,60	0,612	1,613	1,645	386,65	113,5	1,038	476,5	113,8	2221,5	530,6	2698,0	644,4
0,70	0,714	1,713	1,747	388,55	115,4	1,024	484,4	115,7	2216,9	529,5	2701,3	645,2
0,80	0,816	1,813	1,849	390,25	117,1	0,971	491,9	117,5	2211,9	528,3	2703,8	645,8
0,90	0,918	1,913	1,951	391,95	118,8	0,923	499,1	119,2	2206,9	527,1	2705,9	646,3
1,00	1,020	2,013	2,053	393,55	120,4	0,881	505,8	120,8	2202,3	526,0	2708,0	646,8
1,10	1,122	2,113	2,155	395,05	121,9	0,841	512,5	122,4	2198,5	525,1	2711,0	647,5
1,20	1,224	2,213	2,257	396,55	123,4	0,806	519,2	124,0	2194,3	524,1	2713,5	648,1
1,30	1,326	2,313	2,359	398,05	124,9	0,773	525,0	125,4	2190,1	523,1	2715,1	648,5
1,40	1,428	2,413	2,461	399,45	126,3	0,743	530,9	126,8	2186,3	522,2	2717,2	649,0
1,50	1,530	2,513	2,563	400,75	127,6	0,714	536,3	128,1	2181,7	521,1	2718,1	649,2
1,60	1,632	2,613	2,664	402,05	128,9	0,689	542,2	129,5	2178,8	520,4	2721,0	649,9
1,70	1,733	2,713	2,766	403,25	130,1	0,665	547,2	130,7	2175,0	519,5	2722,3	650,2
1,80	1,835	2,813	2,868	404,55	131,4	0,643	552,7	132,0	2171,3	518,6	2723,9	650,6
1,90	1,937	2,913	2,970	405,65	132,5	0,622	557,7	133,2	2167,9	517,8	2725,6	651
2,00	2,039	3,013	3,072	406,85	133,7	0,603	562,7	134,4	2164,6	517,0	2727,3	651,4
2,20	2,243	3,213	3,276	409,05	135,9	0,568	571,9	136,6	2158,3	515,5	2730,2	652,1
2,40	2,447	3,413	3,480	411,15	138,0	0,536	581,1	138,8	2152,0	514,0	2733,1	652,8
2,60	2,651	3,613	3,684	413,15	140,0	0,509	589,5	140,8	2146,2	512,6	2735,7	653,
2,80	2,855	3,813	3,888	415,05	141,9	0,483	597,9	142,8	2140,3	511,2	2738,2	654,0
3,00	3,059	4,013	4,092	416,85	143,7	0,461	605,8	144,7	2134,8	509,9	2740,7	654,6
3,20	3,263	4,213	4,296	418,55	145,4	0,440	612,9	146,4	2129,4	508,6	2742,4	655,0
3,40	3,467	4,413	4,500	420,35	147,2	0,422	620,5	148,2	2124,4	507,4	2744,9	655,6
3,60	3,671	4,613	4,704	421,95	148,8	0,405	627,6	149,9	2118,9	506,1	2746,5	656,0
3,80	3,875	4,813	4,908	423,55	150,4	0,389	634,3	151,5	2114,3	505,0	2748,6	656,5
4,00	4,079	5,013	5,112	425,15	152,0	0,374	641,0	153,1	2109,3	503,8	2750,3	656,9
4,20	4,283	5,213	5,316	426,55	153,4	0,361	647,3	154,6	2104,7	502,7	2752,0	657,3
4,40	4,487	5,413	5,520	427,95	154,8	0,348	653,6	156,1	2100,1	501,6	2753,7	657,7
4,60	4,691	5,613	5,724	429,35	156,2	0,336	659,8	157,6	2095,9	500,6	2755,8	658,2
4,80	4,895	5,813	5,928	430,75	157,6	0,325	665,7	159,0	2091,3	499,5	2757,0	658,5
5,00	5,099	6,013	6,131	432,05	158,9	0,315	671,1	160,3	2087,1	498,5	2758,3	658,8
5,50	5,608	6,513	6,641	435,25	162,1	0,292	685,0	163,6	2077,1	496,1	2762,0	659,7
6,00	6,118	7,013	7,151	438,15	165,0	0,272	697,9	166,7	2067,4	493,8	2765,4	660,5
6,50	6,628	7,513	7,661	440,95	167,8	0,255	710,1	169,6	2058,2	491,6	2768,3	661,2
7,00	7,138	8,013	8,171	443,65	170,5	0,240	721,8	172,4	2049,0	489,4	2770,8	661,8
7,50	7,648	8,513	8,681	446,15	173,0	0,227	733,1	175,1	2040,6	487,4	2773,8	662,5

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

P_g		Pa		T		V	h_f		h_{fg}		h_g	
bar	kg/cm²	bar	kg/cm²	K	°C	m³/kg	kJ/kg	kcal/kg	kJ/kg	kcal/kg	kJ/kg	kcal/kg
8,00	8,158	9,013	9,191	448355	175,4	0,215	743,6	177.6	2032,3	485,4	2775,8	663,0
8,50	8,667	9,513	9,700	450,85	177,7	0,204	753,6	180.0	2024,3	483,5	2777,9	663,5
9,00	9,177	10,013	10,210	453,15	180,0	0,194	763,3	182.3	2016,4	481,6	2779,6	663,9
9,50	9,687	10,513	10,720	455,25	182,1	0,185	772,9	184.6	2008,8	479,8	2781,7	664,4
10,00	10,197	11,013	11,230	457,25	184,1	0,177	782,1	186.8	2001,3	478,0	2783,4	664,8
11,00	11,217	12,013	12,250	461,15	188,0	0,163	799,3	190.9	1987,1	474,6	2786,3	665,5
12,00	12,236	13,013	13,269	464,85	191,7	0,151	815,6	194.8	1973,7	471,4	2789,2	666,2
13,00	13,256	14,013	14,280	468,25	195,1	0,141	831,1	198.5	1960,7	468,3	2791,8	666,8
14,00	14,276	15,013	15,309	471,45	198,3	0,132	845,7	202.0	1948,1	465,3	2793,9	667,3
15,00	15,296	16,013	16,328	474,55	201,4	0,124	859,6	205.3	1936,4	462,5	2795,9	667,8
16,00	16,315	17,013	17,348	477,55	204,4	0,117	872,9	208.5	1924,7	459,7	2797,6	668,2
17,00	17,335	18,013	18,368	480,35	207,2	0,110	885,5	211.5	1913,4	457,0	2798,9	668,5
18,00	18,355	19,013	19,388	483,05	209,9	0,105	897,6	214.4	1902,5	454,4	2800,1	668,8
19,00	19,374	20,013	20,407	485,65	212,5	0,100	909,4	217.2	1891,6	451.8	2801,0	669,0
20,00	20,394	21,013	21,427	488,15	215,0	0,095	921,1	220.0	1881,5	449.4	2802,6	669,4
21,00	21,414	22,013	22,447	490,45	217,3	0,090	932,0	222.6	1871,5	447,0	2803,5	669,6
22,00	22,433	23,013	23,466	492,75	219,6	0,087	942,4	225.1	1861,5	444,6	2803,9	669,7
23,00	23,453	24,013	24,486	494,95	221,8	0,083	952,9	227.6	1851,4	442,2	2804,3	669,8
24,00	24,473	25,013	25,506	497,15	224,0	0,080	963,0	230.0	1842,2	440,0	2805,2	670,0
25,00	25,493	26,013	26,525	499,25	226,1	0,077	972,6	232.3	1832,6	437,7	2805,2	670,0
26,00	26,512	27,013	27,545	501,25	228,1	0,0741	981,3	234.3	1821,6	435,0	2802,9	669,3
27,00	27,532	28,013	28,565	503,25	230,1	0,0714	990,5	236.5	1812,5	432,8	2803,0	669,4
28,00	28,552	29,013	29,585	505,15	232,0	0,0690	999,6	238.7	1803,6	430,7	2803,2	669,4
29,00	29,571	30,013	30,604	507,05	233,9	0,0667	1008,4	240.8	1794,9	428,6	2803,3	669,4
30,00	30,591	31,013	31,624	508,85	235,7	0,0645	1017,1	242.9	1786,2	426,5	2803,3	669,4
32,00	32,630	33,013	33,663	512,45	239,3	0,0606	1033,7	246.8	1769,3	422,5	2803,0	669,4
34,00	34,670	35,013	35,703	515,75	242,6	0,0571	1049,7	250.7	1752,8	418,6	2802,5	669,2
36,00	36,709	37,013	37,742	518,95	245,8	0,0539	1065,1	254.3	1736,8	414,7	2801,9	669,1
38,00	38,749	39,013	39,782	522,05	248,9	0,0511	1080,1	257.9	1721,0	411,0	2801,1	668,9
40,00	40,788	41,013	41,821	525,05	251,9	0,0485	1094,4	261.3	1705,6	407,3	2800,0	668,6
42,00	42,827	43,013	43,860	527,85	254,7	0,0462	1108,4	264.7	1690,5	403,7	2798,9	668,4
44,00	44,867	45,013	45,900	530,65	257,5	0,0441	1122,1	268.0	1675,6	400,1	2797,7	668,1
46,00	46,906	47,013	47,939	533,35	260,2	0,0421	1135,1	271.1	1661,0	396,6	2796,1	667,7
48,00	48,946	49,013	49,979	535,85	262,7	0,0403	1148,1	274.2	1646,6	393,2	2794,7	667,4
50,00	50,985	51,013	52,018	538,35	265,2	0,0386	1160,5	277.1	1632,3	389,8	2792,8	666,9
52,00	53,024	53,013	54,057	540,85	267,7	0,0371	1172,7	280.0	1618,3	386,5	2791,0	666,5
54,00	55,064	55,013	56,097	543,15	270,0	0,0356	1184,7	282.9	1604,4	383,1	2789,1	666,0
56,00	57,103	57,013	58,136	545,45	272,3	0,0343	1196,4	285.7	1590,7	379,9	2787,1	665,6
58,00	59,143	59,013	60,176	547,65	274,5	0,0330	1207,8	288.4	1577,2	376,6	2785,0	665,1
60,00	61,182	61,013	62,215	549,85	276,7	0,0319	1219,0	291.1	1563,8	373,4	2782,8	664,5
62,00	63,221	63,013	64,254	551,95	278,8	0,0308	1230,1	293.7	1550,4	370,2	2780,5	664,0
64,00	65,261	65,013	66,294	554,05	280,9	0,0297	1240,8	296.3	1537,2	367,1	2778,0	663,4
66,00	67,300	67,013	68,333	556,05	282,9	0,0287	1251,5	298.9	1524,2	364,0	2775,7	662,8
68,00	69,340	69,013	70,373	558,05	284,9	0,0278	1261,9	301.3	1511,2	360,9	2773,1	662,2
70,00	71,379	71,013	72,412	559,95	286,8	0,0269	1272,2	303.8	1498,2	357,8	2770,4	661,6
72,00	73,418	73,013	74,451	561,85	288,7	0,0261	1282,3	306.2	1485,4	354,7	2767,7	660,9
74,00	75,458	75,013	76,491	563,75	290,6	0,0253	1292,3	308.6	1472,7	351,7	2765,0	660,3
76,00	77,497	77,013	78,530	565,55	292,4	0,0246	1302,2	311.0	1460,0	348,6	2762,2	659,6
78,00	79,537	79,013	80,570	567,35	294,2	0,0239	1311,9	313.3	1447,3	345,6	2759,2	658,9
80,00	81,576	81,013	82,609	569,05	295,9	0,0232	1321,5	315.6	1434,8	342,6	2756,3	658,2
85,00	86,675	86,013	87,707	573,29	300,14	0,0216	1344,9	321,2.	1403,5	335,2	2748,4	656,3
90,00	91,773	91,013	92,806	577,33	304,18	0,0202	1367,7	326.6	1372,5	327,8	2740,2	654,4
95,00	96,872	96,013	97,904	581,20	308,05	0,0189	1390,0	331.9	1341,7	320,4	2731,7	652,3
100,00	101,970	101,013	103,003	584,92	311,77	0,0178	1411,7	337,1	1310,9	313,0	2722,6	650,2
110,00	112,167	111,013	113,200	591,95	318,80	0,0158	1453,9	347,2	1249,4	298,4	2703,3	645,5
120,00	122,364	121,013	123,397	598,48	325,33	0,0141	1494,9	357,0	1187,4	283,6	2682,3	640,5
130,00	132,561	131,013	133,594	604,64	331,49	0,0126	1535,0	366,6	1124,5	268,5	2659,5	635,1
140,00	142,758	141,013	143,791	610,42	337,27	0,0114	1574,5	376,0	1060,0	253,1	2634,5	629,1
150,00	152,955	151,013	153,988	615,88	342,73	0,0102	1613,9	385,4	993,3	237,2	2607,2	622,6
160,00	163,152	161,013	164,185	621,06	347,91	0,0092	1653,6	394,9	923,5	220,5	2577,1	615,4
170,00	173,349	171,013	174,382	625,97	352,82	0,0083	1694,2	404,6	849,4	202,8	2543,6	607,4
180,00	183,546	181,013	184,579	630,65	357,50	0,0074	1736,4	414,7	769,2	183,7	2505,6	598,3
190,00	193,743	191,013	194,776	635,11	361,96	0,0066	1781,5	425,4	679,7	162,3	2461,2	587,7
200,00	203,940	201,013	204,373	639,37	366,22	0,0059	1832,0	437,5	575,0	137,3	2407,0	574,8
219,537	223,862	220,55	224,395	647,13	373,98	0,003106	2036,0	498.1	0	0	2086,0	498,1

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

Volume specifico del vapore surriscaldato in m^3/kg

P_g	Temperatura (°C)										
bar	200	220	240	260	280	300	320	340	360	380	400
1	1,074	1,121	1,168	1,215	1,262	1,309	1,355	1,401	1,448	1,494	1,540
2	0,714	0,746	0,778	0,809	0,841	0,872	0,904	0,935	0,966	0,997	1,028
3	0,533	0,557	0,582	0,606	0,630	0,653	0,677	0,701	0,724	0,748	0,771
4	0,424	0,444	0,464	0,483	0,503	0,522	0,541	0,560	0,579	0,598	0,616
5	0,352	0,369	0,385	0,402	0,418	0,434	0,450	0,466	0,482	0,498	0,513
6	0,300	0,315	0,329	0,343	0,357	0,371	0,385	0,399	0,413	0,426	0,440
7	0,261	0,274	0,287	0,300	0,312	0,324	0,336	0,349	0,361	0,373	0,384
8	0,231	0,243	0,254	0,265	0,277	0,288	0,299	0,309	0,320	0,331	0,341
9	0,206	0,217	0,228	0,238	0,248	0,258	0,268	0,278	0,288	0,297	0,307
10	0,186	0,196	0,206	0,216	0,225	0,234	0,243	0,252	0,261	0,270	0,279
11	0,170	0,179	0,188	0,197	0,206	0,214	0,223	0,231	0,239	0,247	0,255
12	0,155	0,165	0,173	0,181	0,190	0,197	0,205	0,213	0,220	0,228	0,235
13	0,143	0,152	0,160	0,168	0,175	0,183	0,190	0,197	0,204	0,211	0,218
14	0,133	0,141	0,149	0,156	0,163	0,170	0,177	0,184	0,190	0,197	0,204
15		0,131	0,139	0,146	0,153	0,159	0,166	0,172	0,178	0,184	0,191
16		0,123	0,130	0,137	0,143	0,149	0,156	0,162	0,168	0,173	0,179
17		0,115	0,122	0,129	0,135	0,141	0,147	0,152	0,158	0,164	0,169
18		0,109	0,115	0,121	0,127	0,133	0,139	0,144	0,149	0,155	0,160
19		0,102	0,109	0,115	0,121	0,126	0,131	0,137	0,142	0,147	0,152
20		0,097	0,103	0,110	0,115	0,120	0,125	0,130	0,135	0,140	0,144
22			0,0932	0,0987	0,1039	0,1088	0,1135	0,1182	0,1227	0,1271	0,1315
24			0,0847	0,0900	0,0949	0,0995	0,1040	0,1083	0,1125	0,1167	0,1207
26			0,0775	0,0826	0,0873	0,0917	0,0959	0,0999	0,1039	0,1077	0,1115
28			0,0712	0,0762	0,0807	0,0849	0,0888	0,0927	0,0964	0,1000	0,1036
30			0,0656	0,0705	0,0749	0,0789	0,0827	0,0864	0,0899	0,0933	0,0967
32				0,0656	0,0698	0,0737	0,0773	0,0808	0,0842	0,0874	0,0906
34				0,0611	0,0653	0,0690	0,0725	0,0759	0,0791	0,0822	0,0852
36				0,0571	0,0612	0,0649	0,0683	0,0715	0,0746	0,0775	0,0804
38				0,0535	0,0576	0,0612	0,0644	0,0675	0,0705	0,0733	0,0761
40				0,0502	0,0543	0,0578	0,0610	0,0640	0,0668	0,0696	0,0722
42				0,0472	0,0512	0,0547	0,0578	0,0607	0,0635	0,0661	0,0687
44				0,0444	0,0484	0,0519	0,0549	0,0578	0,0604	0,0630	0,0655
46					0,0459	0,0493	0,0523	0,0551	0,0577	0,0601	0,0625
48					0,0435	0,0469	0,0499	0,0526	0,0551	0,0575	0,0598
50					0,0413	0,0447	0,0476	0,0503	0,0527	0,0551	0,0573
55					0,0364	0,0398	0,0427	0,0452	0,0476	0,0498	0,0519
60					0,0322	0,0356	0,0385	0,0410	0,0432	0,0453	0,0473
65						0,0321	0,0349	0,0373	0,0395	0,0415	0,0434
70						0,0289	0,0318	0,0342	0,0363	0,0382	0,0400
75						0,0261	0,0290	0,0314	0,0335	0,0354	0,0371
80						0,0236	0,0266	0,0290	0,0310	0,0329	0,0346
85							0,0243	0,0268	0,0288	0,0306	0,0323
90							0,0223	0,0248	0,0269	0,0287	0,0303
95							0,0205	0,0230	0,0251	0,0269	0,0284
100							0,0188	0,0214	0,0235	0,0252	0,0268

Nota - P_g = pressione al manometro

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

Entalpia specifica del vapore surriscaldato - Unità SI e ST

P_g		Temperatura											
bar	kg/cm²	473,15K	200°C	493,15K	220°C	513,15K	240°C	533,15K	260°C	553,15K	280°C	573,15K	300°C
		kJ/kg	kcal/kg	kJ/kg	kcal/kg	kJ/kg	kcal/kg	kJ/kg	kcal/kg	kJ/kg	kcal/kg	kJ/kg	kcal/kg
1	1,02	2809,9	665,00	2810,1	694,94	2950,4	704,54	2990,6	714,15	3031,0	723,79	3071,4	733,44
2	2,04	2865,0	684,16	2905,9	693,94	2946,7	703,66	2987,4	713,38	3028,1	723,10	3068,9	732,85
3	3,06	2860,0	682,97	2901,6	692,91	2943,0	702,78	2984,2	712,62	3025,2	722,41	3066,3	732,22
4	4,08	2854,3	681,73	2897,3	691,89	2939,2	701,89	2980,9	711,83	3022,4	721,74	3063,7	731,60
5	5,10	2849,5	680,48	2892,8	690,81	2935,4	700,98	2977,6	711,04	3019,4	721,02	3061,2	731,01
6	6,12	2844,2	679,19	2888,3	689,74	2932,6	700,30	2974,2	710,23	3016,5	720,33	3058,5	730,36
7	7,14	2838,7	677,88	2883,7	688,64	2927,6	699,12	2970,8	709,42	3013,5	719,61	3055,9	729,74
8	8,16	2833,1	676,54	2879,0	687,51	2923,6	698,17	2967,4	708,60	3010,5	718,90	3053,3	729,1
9	9,18	2827,3	675,16	2874,2	686,37	2919,5	697,19	2963,9	707,77	3007,5	718,18	3050,6	728,47
10	10,20	2821,3	673,73	2869,3	685,20	2915,4	696,21	2960,4	706,93	3004,4	717,44	3047,9	727,83
11	11,22	2815,3	672,29	2864,4	684,03	2911,3	695,23	2956,8	706,07	3001,3	716,70	3045,2	727,19
12	12,24	2809,0	670,79	2859,3	682,81	2907,1	694,23	2953,2	705,21	2998,2	715,96	3042,5	726,54
13	13,26	2802,6	669,26	2854,1	681,57	2902,8	693,20	2949,6	704,35	2995,1	715,22	3039,7	725,8
14	14,28			2848,9	680,32	2898,4	692,15	2945,9	703,47	2991,9	714,45	3036,9	725,20
15	15,30			2843,5	679,03	2894,0	691,10	2942,2	702,59	2988,7	713,69	3034,1	724,53
16	16,32			2838,0	677,72	2889,5	690,02	2938,4	701,68	2985,5	712,93	3031,3	723,87
17	17,33			2832,4	676,38	2884,9	688,92	2934,5	700,77	2982,2	712,14	3028,5	723,20
18	18,35			2826,6	675,00	2880,3	687,82	2930,6	699,84	2978,9	711,35	3025,6	722,50
19	19,37			2820,8	673,61	2875,5	686,68	2926,7	698,91	2975,6	710,56	3022,7	721,81
20	20,39			2814,8	672,18	2870,7	685,53	2922,7	697,95	2972,2	709,75	3019,8	721,12
22	22,43					2860,9	683,19	2914,6	696,02	2965,4	708,13	3013,9	719,71
24	24,47					2850,7	680,75	2906,3	694,03	2958,4	706,45	3008,0	718,30
26	26,51					2840,1	678,22	2897,7	691,90	2951,3	704,75	3001,9	716,84
28	28,55					2829,0	675,57	2888,9	689,88	2944,0	703,02	2995,7	715,36
30	30,59					2817,5	672,82	2879,8	687,71	2936,5	701,22	2989,4	713,86
32	32,63							2870,5	685,48	2928,8	699,40	2983,0	712,33
34	34,67							2860,9	683,19	2921,0	697,53	2976,5	710,78
36	36,71							2850,9	680,80	2913,0	695,64	2969,8	709,19
38	38,75							2840,6	678,34	2904,9	693,69	2963,1	707,58
40	40,79							2830,0	675,80	2896,5	691,68	2956,2	705,93
42	42,83							2818,9	673,16	2887,9	689,63	2949,1	704,25
44	44,87							2807,4	670,41	2879,0	687,52	2942,0	702,54
46	46,91									2869,9	685,34	2885,3	689,01
48	48,95									2860,6	683,11	2927,2	699,02
50	50,99									2851,0	680,82	2919,6	697,20
55	56,08									2825,6	674,75	2899,8	692,48
60	61,18									2797,8	668,12	2878,8	687,47
65	66,28											2856,5	682,14
70	71,38											2832,6	676,42
80	81,58												
90	91,77												
100	101,97												
110	112,17												
120	122,36												
130	132,56												
140	142,76												
150	152,96												
160	163,15												
170	173,35												
180	183,55												
190	193,74												
200	203,94												

Nota: P_g = pressione al manometro

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

Temperatura														P_g
593,15K	320°C	613,15K	340°C	633,15K	360°C	653,15K	380°C	673,15K	400°C	723,15K	450°C	773,15K	500°C	
kJ/kg	kcal/kg	kJ/kg	kcal/kg	kJ/kg	kcal/kg	kJ/kg	kcal/kg	kJ/kg	kcal/kg	kJ/kg	kcal/kg	kJ/kg	kcal/kg	bar
3112,0	743,14	3152,8	752,89	3193,8	762,68	3235,0	772,52	3276,4	782,40	3381,0	807,38	3487,1	832,72	1
3109,8	742,61	3150,8	752,41	3191,9	762,23	3233,3	772,11	3274,9	782,05	3379,7	807,07	3486,1	832,48	2
3107,5	742,06	3148,7	751,91	3190,1	761,80	3231,6	771,71	3273,3	781,66	3378,5	806,79	3485,0	832,22	3
3105,2	741,51	3146,6	751,41	3188,2	761,34	3229,9	771,30	3271,7	781,28	3377,2	806,48	3483,9	831,96	4
3102,8	740,94	3144,5	750,91	3186,3	760,89	3228,2	770,89	3270,2	780,92	3375,9	806,16	3482,9	831,72	5
3100,5	740,40	3142,4	750,41	3184,4	760,43	3226,4	770,46	3268,6	780,54	3374,6	805,85	3481,8	831,45	6
3098,1	739,83	3140,3	749,90	3182,5	759,98	3224,7	770,06	3267,0	780,16	3373,3	805,54	3480,7	831,19	7
3095,8	739,28	3138,2	749,40	3180,6	759,53	3222,9	769,63	3265,4	779,78	3372,0	805,23	3479,6	830,93	8
3093,4	738,70	3136,1	748,90	3178,6	759,05	3221,2	769,22	3263,8	779,40	3370,7	804,92	3478,6	830,69	9
3091,0	738,12	3133,9	748,38	3176,7	758,60	3219,4	768,79	3262,2	779,01	3369,4	804,61	3477,5	830,43	10
3088,6	737,55	3131,8	747,87	3174,7	758,12	3217,7	768,39	3260,6	778,63	3368,1	804,30	3476,4	830,16	11
3086,2	736,98	3129,6	747,35	3172,8	757,66	3215,9	767,96	3259,0	778,25	3366,8	803,99	3475,3	829,90	12
3083,8	736,40	3127,4	746,82	3170,8	757,19	3214,1	767,53	3257,3	777,84	3365,5	803,68	3474,2	829,64	13
3081,3	735,81	3125,2	746,30	3168,9	756,73	3212,3	767,10	3255,7	777,46	3364,2	803,37	3473,1	829,38	14
3078,8	735,21	3123,0	745,77	3166,9	756,26	3210,5	766,67	3254,1	777,08	3362,8	803,04	3472,0	829,11	15
3076,3	734,61	3120,8	745,25	3164,9	755,78	3208,7	766,24	3252,4	776,67	3361,5	802,73	3470,9	828,85	16
3073,9	734,04	3118,6	744,72	3162,9	755,30	3206,9	765,81	3250,8	776,29	3360,2	802,42	3469,9	828,61	17
3071,3	733,42	3116,4	744,20	3160,9	754,82	3205,1	765,38	3249,2	775,91	3358,9	802,11	3468,8	828,35	18
3068,8	732,82	3114,1	743,65	3158,9	754,35	3203,3	764,95	3247,5	775,50	3357,5	801,77	3467,7	828,09	19
3066,3	732,22	3123,2	745,82	3156,9	753,87	3201,5	764,52	3245,9	775,12	3356,2	801,46	3466,6	827,82	20
3061,1	730,98	3107,3	742,02	3152,8	752,89	3197,8	763,63	3242,5	774,31	3353,5	800,82	3464,4	827,30	22
3055,9	729,74	3102,7	740,92	3148,7	751,91	3194,1	762,75	3239,2	773,52	3350,9	800,19	3462,2	826,77	24
3050,6	728,48	3098,1	739,83	3144,6	750,93	3190,4	761,87	3235,8	772,71	3348,2	799,55	3459,9	826,22	26
3045,3	727,21	3093,4	738,70	3140,4	749,93	3186,7	760,98	3232,4	771,90	3345,5	798,91	3457,7	825,70	28
3039,8	725,91	3088,6	737,55	3136,2	48,92	3182,9	760,07	3229,0	771,08	3342,7	798,24	3455,5	825,17	30
3034,3	724,59	3083,8	736,40	3131,9	747,90	3179,1	759,16	3225,6	770,27	3340,0	797,59	3453,2	824,63	32
3028,8	723,27	3078,9	735,25	3127,6	746,88	3175,2	758,24	3222,1	769,44	3337,2	796,93	3451,0	824,10	34
3023,1	721,92	3074,0	734,08	3123,3	745,84	3171,4	757,32	3218,6	768,61	3334,5	796,27	3448,7	823,56	36
3017,4	720,55	3069,1	732,89	3118,9	744,79	3167,5	756,39	3215,1	767,77	3331,7	795,62	3446,5	823,02	38
3011,5	719,15	3064,0	731,69	3114,5	743,74	3163,5	755,45	3211,6	766,94	3329,0	794,96	3444,2	822,48	40
3005,6	717,74	3058,9	730,47	3110,0	742,67	3159,6	754,51	3208,1	766,09	3326,2	794,29	3441,9	821,93	42
2999,6	716,31	3053,8	729,24	3105,5	741,60	3155,6	753,55	3204,5	765,23	3323,4	793,62	3439,6	821,38	44
2993,5	714,85	3048,6	728,00	3101,0	740,51	3151,6	752,60	3200,9	764,37	3320,5	792,94	3437,3	820,84	46
2987,4	713,38	3043,3	726,74	3096,4	739,41	3147,5	751,63	3197,3	763,51	3317,7	792,26	3435,0	820,29	48
2981,1	711,88	3038,0	725,47	3091,8	738,31	3143,5	750,66	3193,7	762,65	3314,9	791,59	3432,7	819,74	50
2964,9	708,01	3024,3	722,20	3080,0	735,50	3133,2	748,21	3184,5	760,46	3307,7	789,88	3427,0	818,37	55
2948,0	703,98	3010,2	718,84	3067,9	732,62	3122,6	745,67	3175,1	758,21	3300,4	788,14	3421,1	816,97	60
2930,4	699,78	2995,7	715,37	3055,5	729,65	3111,8	743,10	3165,6	755,95	3293,2	786,42	3415,3	815,57	65
2911,9	695,35	2980,6	711,76	3042,8	726,61	3100,8	740,46	3155,9	753,62	3285,8	784,64	3409,3	814,14	70
2871,9	685,81	2948,6	704,13	3016,2	720,26	3078,0	735,03	3136,0	748,87	3270,7	781,04	3397,3	811,27	80
2826,9	675,06	2914,0	695,86	2988,0	713,53	3054,1	729,32	3115,3	743,94	3255,3	777,36	3385,1	808,37	90
2774,9	662,65	2876,1	686,81	2957,9	706,35	3029,1	723,35	3093,9	738,82	3239,5	773,59	3372,7	805,40	100
2712,4	647,72	2834,1	676,78	2925,6	698,63	3002,8	717,06	3071,6	733,49	3223,4	769,74	3360,1	802,40	110
		2786,4	665,40	2890,7	690,30	2974,9	710,41	3048,3	727,94	3206,9	765,80	3347,4	799,36	120
		2730,9	652,14	2852,6	681,20	2945,4	703,36	3024,0	722,14	3190,0	761,77	3334,4	796,25	130
		2662,7	635,86	2810,5	671,15	2913,9	695,84	2998,6	716,07	3172,6	757,62	3321,3	793,12	140
				2762,7	659,74	2880,0	687,75	2971,9	709,68	3154,8	753,36	3307,9	789,93	150
				2707,7	646,60	2843,4	679,00	2943,8	702,98	3136,6	749,02	3294,3	786,68	160
				2640,8	630,61	2803,5	669,47	2914,1	695,89	3117,9	744,55	3280,6	783,40	170
						2759,3	658,93	2882,6	688,37	3098,7	739,97	3266,6	780,05	180
						2695,8	643,76	2849,0	680,34	3079,0	735,25	3252,3	776,66	190
						2506,3	598,51	2813,0	671,74	3058,7	730,42	3237,9	773,22	200

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

Calore specifico del vapore surriscaldato - unità SI e ST

P_g		Temperatura											
bar	kg/cm²	180°C		200°C		220°C		240°C		260°C		280°C	
		kJ/kg°C	kcal/kg°C	kJ/kg°C	kcal/kg°C	kJ/kg°C	kcal/kg°C	kJ/kg°C	kcal/kg°C	kJ/kg°C	kcal/kg°C	kJ/kg°C	kcal/kg°C
1	1,02	1,986	0,474	1,982	0,473	1,980	0,473	1,981	0,473	1,985	0,474	1,992	0,476
2	2,04	2,082	0,497	2,070	0,494	2,060	0,492	2,052	0,490	2,048	0,489	2,046	0,488
3	3,06	2,167	0,517	2,146	0,512	2,128	0,508	2,112	0,504	2,100	0,502	2,091	0,499
4	4,08	2,238	0,534	2,210	0,528	2,184	0,522	2,162	0,516	2,143	0,512	2,127	0,508
5	5,10	2,297	0,549	2,262	0,540	2,229	0,532	2,201	0,526	2,176	0,520	2,154	0,514
6	6,12	2,344	0,560	2,302	0,550	2,263	0,540	2,229	0,532	2,199	0,525	2,173	0,519
7	7,14	2,379	0,568	2,329	0,556	2,285	0,546	2,246	0,536	2,212	0,528	2,184	0,521
8	8,16	2,401	0,573	2,345	0,560	2,296	0,548	2,253	0,538	2,216	0,529	2,185	0,522
9	9,18	2,411	0,576	2,349	0,561	2,295	0,548	2,249	0,537	2,209	0,528	2,178	0,520
10	10,20			2,341	0,559	2,283	0,545	2,234	0,533	2,193	0,524	2,162	0,516
11	11,22			2,416	0,577	2,340	0,559	2,276	0,543	2,223	0,531	2,182	0,521
12	12,24			2,494	0,596	2,399	0,573	2,319	0,554	2,254	0,538	2,204	0,526
13	13,26			2,574	0,615	2,461	0,588	2,365	0,565	2,287	0,546	2,227	0,532
14	14,28			2,657	0,634	2,524	0,603	2,412	0,576	2,321	0,554	2,250	0,537
15	15,30					2,589	0,618	2,461	0,588	2,356	0,563	2,275	0,543
16	16,32					2,656	0,634	2,511	0,600	2,393	0,571	2,301	0,549
17	17,33					2,725	0,651	2,563	0,612	2,430	0,580	2,327	0,556
18	18,35					2,795	0,668	2,616	0,625	2,469	0,590	2,355	0,562
19	19,37					2,867	0,685	2,670	0,638	2,509	0,599	2,383	0,569
20	20,39					2,940	0,702	2,725	0,651	2,550	0,609	2,412	0,576
22	22,43					3,090	0,738	2,840	0,678	2,634	0,629	2,473	0,590
24	24,47							2,958	0,706	2,722	0,650	2,536	0,606
26	26,51							3,081	0,736	2,814	0,672	2,603	0,622
28	28,55							3,207	0,766	2,909	0,695	2,672	0,638
30	30,59							3,338	0,797	3,007	0,718	2,744	0,655
32	32,63							3,473	0,829	3,109	0,743	2,819	0,673
34	34,67									3,215	0,768	2,897	0,692
36	36,71									3,325	0,794	2,978	0,711
38	38,75									3,440	0,821	3,063	0,732
40	40,79									3,559	0,850	3,152	0,753
42	42,83									3,684	0,880	3,244	0,775
44	44,87									3,814	0,911	3,341	0,798
46	46,91											3,443	0,822
48	48,95											3,551	0,848
50	50,99											3,664	0,875
55	56,08											3,977	0,950
60	61,18											4,343	1,037
65	66,28												
70	71,38												
75	76,48												
80	81,58												
85	86,67												
90	91,77												
95	96,87												
100	101,97												

Nota - P_g = pressione al manometro

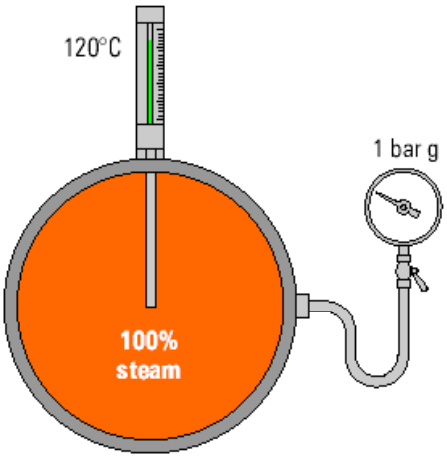
 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

Temperatura												P_g
300°C		320°C		340°C		360°C		380°C		400°C		bar
kJ/k°C	kcal/kg°C	kJ/kg°C	kcal/kg°C	kJ/kg°C	kcal/kg°C	kJ/kg°C	kcal/kg°C	kJ/kg°C	kcal/kg°C	kJ/kg°C	kcal/kg°C	
2,002	0,478	2,014	0,481	2,029	0,485	2,047	0,489	2,068	0,494	2,092	0,500	1
2,046	0,489	2,050	0,490	2,056	0,491	2,065	0,493	2,077	0,496	2,091	0,499	2
2,084	0,498	2,080	0,497	2,079	0,496	2,081	0,497	2,085	0,498	2,093	0,500	3
2,114	0,505	2,104	0,502	2,097	0,501	2,094	0,500	2,093	0,500	2,096	0,501	4
2,137	0,510	2,122	0,507	2,112	0,504	2,105	0,503	2,101	0,502	2,102	0,502	5
2,152	0,514	2,135	0,510	2,122	0,507	2,113	0,505	2,109	0,504	2,109	0,504	6
2,160	0,516	2,141	0,511	2,128	0,508	2,120	0,506	2,117	0,505	2,119	0,506	7
2,160	0,516	2,142	0,512	2,130	0,509	2,124	0,507	2,124	0,507	2,130	0,509	8
2,154	0,514	2,137	0,510	2,128	0,508	2,126	0,508	2,131	0,509	2,144	0,512	9
2,139	0,511	2,126	0,508	2,121	0,506	2,125	0,507	2,138	0,511	2,160	0,516	10
2,154	0,514	2,137	0,510	2,132	0,509	2,138	0,511	2,157	0,515	2,187	0,522	11
2,169	0,518	2,148	0,513	2,142	0,512	2,151	0,514	2,175	0,519	2,213	0,529	12
2,184	0,522	2,160	0,516	2,153	0,514	2,164	0,517	2,193	0,524	2,239	0,535	13
2,201	0,526	2,172	0,519	2,164	0,517	2,176	0,520	2,210	0,528	2,264	0,541	14
2,218	0,530	2,184	0,522	2,175	0,519	2,189	0,523	2,226	0,532	2,288	0,546	15
2,236	0,534	2,197	0,525	2,186	0,522	2,201	0,526	2,243	0,536	2,311	0,552	16
2,254	0,538	2,211	0,528	2,197	0,525	2,213	0,528	2,258	0,539	2,334	0,557	17
2,273	0,543	2,224	0,531	2,208	0,527	2,225	0,531	2,274	0,543	2,356	0,563	18
2,293	0,548	2,239	0,535	2,220	0,530	2,236	0,534	2,289	0,547	2,377	0,568	19
2,313	0,552	2,253	0,538	2,231	0,533	2,248	0,537	2,30,d	0,550	2,397	0,573	20
2,356	0,563	2,283	0,545	2,255	0,539	2,271	0,542	2,332	0,557	2,437	0,582	22
2,400	0,573	2,315	0,553	2,279	0,544	2,294	0,548	2,359	0,563	2,474	0,591	24
2,447	0,584	2,348	0,561	2,305	0,550	2,317	0,553	2,386	0,570	2,510	0,599	26
2,497	0,596	2,383	0,569	2,331	0,557	2,340	0,559	2,411	0,576	2,544	0,607	28
2,548	0,608	2,419	0,578	2,357	0,563	2,363	0,564	2,436	0,582	2,576	0,615	30
2,602	0,621	2,457	0,587	2,385	0,570	2,386	0,570	2,461	0,588	2,608	0,623	32
2,658	0,635	2,497	0,596	2,414	0,576	2,410	0,576	2,485	0,593	2,638	0,630	34
2,716	0,649	2,538	0,606	2,444	0,584	2,434	0,581	2,509	0,599	2,668	0,637	36
2,777	0,663	2,581	0,616	2,475	0,591	2,459	0,587	2,533	0,605	2,698	0,644	38
2,841	0,678	2,626	0,627	2,507	0,599	2,484	0,593	2,558	0,611	2,727	0,651	40
2,907	0,694	2,673	0,638	2,540	0,607	2,510	0,599	2,583	0,617	2,757	0,658	42
2,977	0,711	2,722	0,650	2,575	0,615	2,537	0,606	2,608	0,623	2,788	0,666	44
3,050	0,728	2,773	0,662	2,611	0,624	2,565	0,613	2,635	0,629	2,820	0,673	46
3,127	0,747	2,827	0,675	2,649	0,633	2,594	0,619	2,662	0,636	2,853	0,681	48
3,208	0,766	2,883	0,688	2,688	0,642	2,624	0,627	2,691	0,643	2,888	0,690	50
3,430	0,819	3,035	0,725	2,794	0,667	2,705	0,646	2-768-	0,661	2,985	0,713	55
3,685	0,880	3,208	0,766	2,910	0,695	2,794	0,667	2,857	0,682	3,101	0,740	60
3,981	0,951	3,403	0,813	3,040	0,726	2,892	0,691	2,960	0,707	3,243	0,774	65
4,325	1,033	3,625	0,866	3,184	0,760	3,002	0,717	3,080	0,735	3,417	0,816	70
4,728	1,129	3,878	0,926	3,343	0,798	3,123	0,746	3,219	0,769	3,630	0,867	75
5,201	1,242	4,167	0,995	3,519	0,840	3,257	0,778	3,381	0,807	3,890	0,929	80
		4,497	1,074	3,713	0,887	3,404	0,813	3,568	0,852	4,206	1,004	85
		4,875	1,164	3,928	0,938	3,564	0,851	3,783	0,903	4,584	1,095	90
		5,305	1,267	4,164	0,994	3,739	0,893	4,029	0,962	5,035	1,202	95
		5,796	1,384	4,424	1,056	3,928	0,938	4,309	1,029	5,567	1,329	100

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

La giusta pressione e temperatura

La pressione disponibile del vapore letta al manometro può essere un parametro non sufficiente per una valutazione reale e veritiera. Se il vapore contiene aria e gas incondensabili la temperatura del vapore potrebbe non corrispondere alla temperatura di saturazione indicata sulle Tavole del Vapore.Quando l'aria è mescolata al vapore il contenuto termico di un determinato volume di vapore
è minore rispetto a quello di un corrispondente volume di vapore saturo. Ciò significa che abbiamo a disposizione vapore a temperatura



minore di quella prevista.
Pertanto un' apparecchio , in presenza di aria mista con vapore, non funzionerà correttamente e non assicurerà la potenzialità prevista per lo scambio termico.
Vapore esente da aria e gas incondensabili
La presenza di aria è fonte di problemi poiché la lettura della pressione può, in questo caso, fuorviare l'operatore in quanto la temperatura non può essere riferita alla pressione letta. Inoltre l'aria costituisce una barriera nella trasmissione del calore.

Purezza

Vi sono alcune fonti di impurità in tutti i sistemi di produzione e distribuzione del vapore.

- trasporto di solidi dall'acqua di caldaia derivanti da una cattiva conduzione della caldaia.
- incrostazioni delle tubazioni.
- residui di saldature e frammenti di guarnizioni.
- eccesso di paste e materiali di tenuta impropriamente applicati a giunzioni filettate o flangiate.

Tutte queste sostanze indesiderate peggiorano il rendimento e sono detrimento della continuità operativa degli impianti a vapore. Questo perchè:

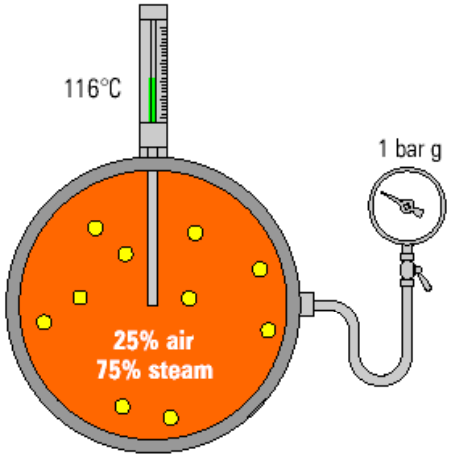
- l'eccesso di sostanze di trattamento dell'acqua di caldaia si depositeranno sulle superfici di scambio riducendo il gradiente di trasmissione del calore e la resa dell'apparecchio.
- scaglie di incrostazioni delle tubazioni

unitamente alle altre sostanze estranee possono influire sul regolare funzionamento delle valvole di regolazione e degli scaricatori di condensa. L'installazione di **filtri di linea** rappresenta la migliore protezione contro queste impurità.

- La protezione contro i trascinamenti provocati dal trattamento dell'acqua non viene effettuata dai filtri di linea bensì con l'utilizzo di separatori in linea.

Vapore secco

Nell'introduzione si è visto che la

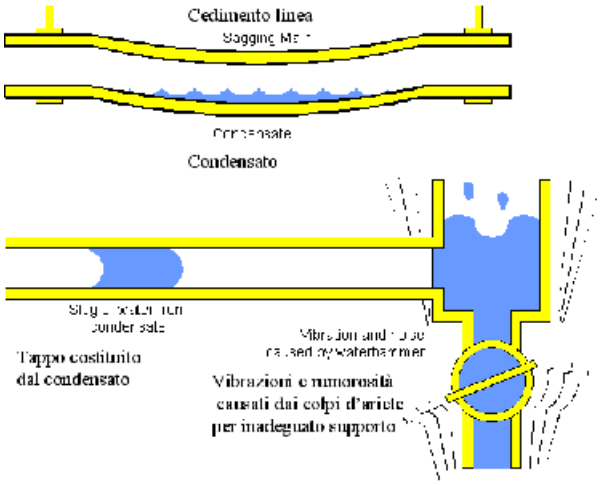


presenza di acqua nel vapore riduce l'energia termica per unità di massa del vapore stesso (entalpia di evaporazione).
Ne consegue che il vapore dovrebbe essere il più secco possibile.
Oltre alla riduzione dell'energia termica per unità di massa le goccioline di acqua trascinate dal vapore aggiungono una pellicola liquida stagnante sulla superficie di scambio, riducendo il coefficiente di scambio termico e la resa totale.

Colpi d'Ariete

L'acqua formatasi per condensazione si raccoglie e ristagna in tutti i punti più bassi della tubazione: ai piedi delle risalite, in corrispondenza di accessori o raccordi male installati ed in ogni avvallamento della tubazione creatosi vuoi per inadeguatezza dei supporti o per il cedimento di punti di ancoraggio. Si forma quindi una ostruzione che viene messa in movimento, sospinta dal vapore, e scagliata violentemente contro il primo ostacolo incontrato a valle, valvola od altro apparecchio o componente come illustrato.
Questa massa, in movimento a velocità fino a 30 m/s ed anche più, acquista una considerevole quantità di energia cinetica che viene rilasciata durante l'impatto causando sovrappressioni istantanee, elevata rumorosità e vibrazione: l'insieme è denominato e noto come "colpo d'ariete" che è in grado di danneggiare, spesso anche gravemente, le tubazioni e le apparecchiature connesse.

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.



Condensato e vapore di rievaporazione.

Condensato

In un impianto a vapore ben progettato, l'energia termica che inevitabilmente non può essere utilizzata può essere recuperata dal condensato.

Il vapore che dalla caldaia fluisce ai punti di utilizzo attraverso le tubazioni perde una piccola parte della sua energia termica per irraggiamento che causa la condensazione di una certa quantità di vapore.Il condensato così formatosi deve essere rimosso dalle tubazioni perché ha un basso coefficiente di scambio termico. La condensa viene raccolta tramite appositi scaricatori automatici. Questa energia termica può quindi essere riutilizzata.

Vapore di rievaporazione

Noi sappiamo che il vapore utilizzato in un processo termico viene prodotto e distribuito ad una pressione superiore a quella atmosferica. Se osserviamo l'estratto delle Tavole del Vapore riportato , possiamo vedere che il condensato risultante dall'utilizzo del vapore a pressione superiore a quella atmosferica è:

a temperatura maggiore di quella di ebollizione dell'acqua a pressione atmosferica.

Ne consegue che quando il condensato ad alta temperatura viene scaricato tramite gli scaricatori di condensa in apparecchi a pressione più bassa esso non può esistere come acqua ma deve rievaporare in parte. Naturalmente non tutta la condensa rievaporerà ma solo una porzione tornerà a trasformarsi in vapore e la quantità dipende dalla pressione esistente nella linea di scarico.

Questa porzione è funzione della temperatura di monte e della pressione a valle ed è indicata dalle curve di rievaporazione.

Il vapore ottenuto per **rievaporazione** ha le stesse caratteristiche che si otterrebbero per il vapore prodotto aggiungendo energia all'acqua satura e mantenendo la pressione costante: non è diverso dal cosiddetto **vapore vivo.** Vapore è vapore!

In tutti i sistemi a vapore bisogna sempre cercare di ottenere il massimo rendimento ed il vapore di rievaporazione dovrebbe venir separato dal condensato per essere usato quale vapore a bassa pressione.

Ciascun kg di vapore ottenuto in questo modo è un kg di vapore che non deve essere fornito direttamente dalla caldaia.

Distribuzione del Vapore

Introduzione

In questo manuale sono descritti i metodi usati per la distribuzione del vapore dal luogo di produzione al punto di utilizzo. Il luogo di produzione può essere una centrale termica oppure il punto di consegna di un impianto di cogenerazione. Le caldaie della centrale termica possono utilizzare combustibili primari (ad es. nafta pesante, gasolio, gas naturale, carbone ecc.) oppure essere caldaie a ricupero che utilizzano gas di scarico di processi industriali ad alta temperatura, di motori oppure di inceneritori. Qualunque sia il modo di produzione del vapore, un buon sistema di distribuzione è essenziale per assicurare un vapore di appropriata qualità e pressione e nella prevista quantità agli apparecchi utilizzatori finali. Discuteremo inoltre alcune delle scelte che devono essere fatte ed alcune applicazioni che possono presentare problemi arrivando a proporre soluzioni che si sono dimostrate razionali ed efficaci.

Vedremo inoltre come sia importante mantenere secco il vapore saturo durante la sua distribuzione per ottenere il massimo risultato nelle applicazioni relative a scambiatori di calore oppure per riscaldamento di ambienti.

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

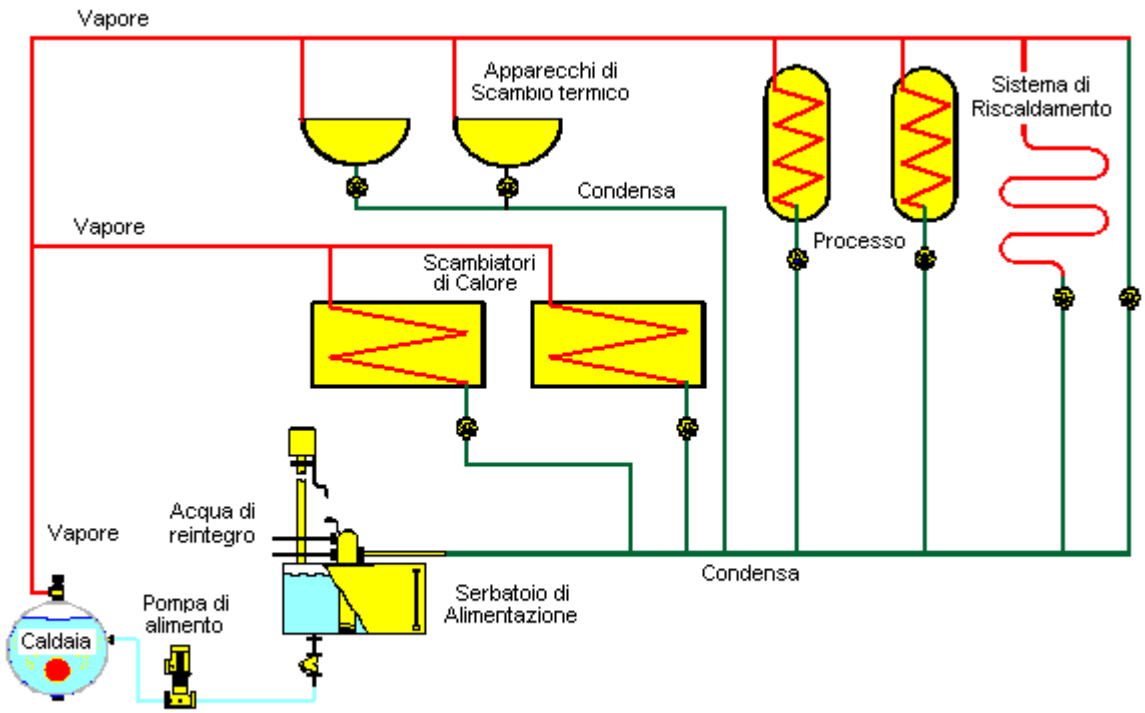
Nozioni fondamentali sul sistema vapore

A chi non è molto esperto di questi problemi chiediamo di comprendere che cosa sia un sistema di distribuzione vapore ed un circuito di Vapore/Condensa. Il flusso di vapore in un circuito è dovuto alla condensazione del vapore stesso, la condensazione provoca una riduzione di volume ed una caduta di pressione. Questa caduta di pressione causa il flusso del vapore nelle tubazioni.

Il vapore generato da una caldaia deve essere distribuito attraverso tubazioni fino al punto nel quale è richiesta la sua energia termica. All'inizio della distribuzione vi possono essere una o più tubazioni principali le quali convogliano il vapore nella direzione in cui sono localizzati gli utilizzatori.

Da queste tubazioni principali sono derivate tubazioni secondarie (generalmente di diametro minore) che sono collegate alle singole apparecchiature che utilizzano il vapore.

Allorché si apre la valvola di caldaia (necessariamente in modo lento) il vapore passa immediatamente dalla caldaia nelle tubazioni principali. Queste tubazioni sono inizialmente fredde per cui il vapore cede parte del suo calore riscaldandole. Anche l'aria circostante le tubazioni è inizialmente fredda, cosicché le tubazioni iniziano a disperdere energia termica nell'aria. Questa dispersione causa una ulteriore condensazione del vapore (chiamata "carico o perdita di esercizio") in aggiunta a quella del vapore condensato per il riscaldamento iniziale della tubazione stessa (chiamata "carico" avviamento " oppure "perdita di riscalda- mento"). Il condensato risultante si raccoglie sul fondo della tubazione e viene trascinato sia dal flusso di vapore che per gravità, in virtù di una adeguata pendenza che si assicura alla tubazione lungo la direzione del flusso stesso. Il condensato dovrà quindi essere scaricato dal punto più basso della tubazione principale. All'apertura della valvola di intercettazione del vapore dell'apparecchio utilizzatore il vapore entra nell'apparecchio stesso e viene in contatto con superfici più fredde alle quali cede il suo calore (o entalpia) di evaporazione riscaldando l'apparecchio (carico di avviamento) continuando poi a trasferire energia termica al processo (carico di esercizio) e naturalmente diventa condensato. Vi è quindi un flusso continuo di vapore dalla caldaia per alimentare l'apparecchio e per mantenere questo flusso si deve generare continuamente vapore. La continuità del processo è ottenuta alimentando proporzionalmente la caldaia sia con combustibile che con acqua per integrare quella che è stata trasformata in vapore.



Circuito tipico Vapore

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

APPROCCIO STRUTTURATO PER L'INGEGNERIA E PROGETTAZIONE DI UN IMPIANTO VAPORE

Lo studio e la progettazione ottimale di un sistema vapore sono elementi importanti di ogni efficiente circuito e distribuzione vapore. E' importante iniziare con un modello vapore supportato dalla migliore esperienza e procedura che permetta una chiara visione della distribuzione, delle varie applicazioni e di ogni vincolo operativo. Ogni attività di progettazione trarrà vantaggio dall'implementazione di modelli e procedure. La modellazione sarà in grado di assicurare l'ottimizzazione della risposta del sistema alle varie esigenze dell'utenza migliorandone le caratteristiche operazionali. I seguenti punti rappresentano una concisa identificazione degli elementi focali di un efficiente sistema vapore e delle relative apparecchiature di processo:

- Visione d'insieme
- Esigenze contrattuali / bilancio vapore
- Raccolta delle corrette informazioni
- P&I funzionale e disegni di disposizione
- Specifiche funzionali
- Disegni di dettaglio
- Dimensionamento tubazioni vapore
- Dimensionamento linee condensa
- Caratteristiche degli apparecchi
- Apparecchiature e packages
- Linee guida per l'installazione

Considerazioni operazionali-manutentive

Visione d'insieme

L'ignorare l'utilizzo di regole fondamentali, o la mancanza di appropriate specifiche per la scelta delle corrette soluzioni, può condurre a inconvenienti prematuri od a sistemi con problemi prestazionali.

I più comuni problemi impiantistici comprendono:

- Errate pressioni vapore
- Portate insufficienti od eccessive
- Colpi d'ariete
- Imprecisione nelle regolazioni
- Rotture premature
- Accumulo di sporcizia e scorie
- Scelta errata dei sistemi di drenaggio
- Problemi di contropressione nelle linee condense, inclusi non appropriati ritorni sopraelevati.

Documento contrattuale

Il documento contrattuale è determinante per la valutazione del tipo di ingegneria richiesta. Infatti deriva dalla esatta valutazione di tale documento, lo sviluppo dei disegni preliminari delle linee di distribuzione del vapore e delle linee di condensa. Le applicazioni del vapore, in genere, vanno divise in :

1. Utilizzo su fluidi puliti.
2. Utilizzo su fluidi sporchi o contaminanti.
    1. Per utilizzo su fluidi puliti generalmente si intende tutte le applicazioni dove il vapore riscalda un fluido non contaminante e dove una eventuale perdita del fluido riscaldato nelle linee di ritorno condense non inquina il sistema. Fluidi puliti sono l'acqua dolce, l'acqua potabile etc.
    2. Per utilizzo su fluidi sporchi generalmente si intende tutte le applicazioni dove il vapore riscalda un fluido contaminante e dove una eventuale perdita del fluido riscaldato nelle linee di ritorno condense inquina il sistema.

I due tipi di utilizzi devono arrivare separatamente al pozzo caldo come si può osservare dal diagramma a blocchi di seguito riportato. Le condense, se sporche, non possono essere utilizzate come acqua alimento. Da questa prima analisi si può determinare l'esigenza e le dimensioni di un serbatoio da monitorare continuamente prima di inviare le condense al serbatoio di alimento. Particolare attenzione si deve porre inoltre alle prescrizioni particolari del Cliente che in certi casi, per ragioni di cautela, può richiedere prestazioni molto più restrittive, delle normali norme di progettazione.

Bilancio vapore

La determinazione del bilancio vapore deve essere accurata. Tanto più è accurato il bilancio tanto più preciso potrà essere il dimensionamento della rete di distribuzione. Il bilancio deve fornire la domanda massima e minima del vapore tenendo conto della efficienza della generazione e del massimo rIcupero di calore dal condensato.

Raccolta delle corrette informazioni

E' importante considerare attentamente le caratteristiche di tutti i componenti che dovranno essere selezionati per i vari processi. L'utente finale dovrà fornire al costruttore delle valvole di controllo le portate minime, massime e di normale lavoro per ogni utenza. Ugualmente importanti sono i dati operativi di apparecchiature ed accessori quali scambiatori di calore, sistemi di drenaggio condense ed altre apparecchiature connesse. D'altro canto, per ogni processo applicativo, dovranno essere forniti criteri che guidino la scelta ed il dimensionamento. Si dovranno definire e fornire al costruttore le seguenti informazioni utili alla scelta appropriata ed al dimensionamento degli scambiatori di calore e delle apparecchiature associate.

<u>Condizioni di processo:</u>

- Fluido o vapore di processo
    - Portata massima
    - Portata minima
    - Portata normale di lavoro

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

- Pressione del processo
  - Pressione di processo
  - Massima perdita di carico accettabile

Condizioni del vapore
- Pressione e temperatura del vapore
  - Pressione di progetto
  - Pressione massima
  - Pressione minima
  - Pressione normale di lavoro
- Portata del vapore
  - Portata di progetto
  - Portata massima
  - Portata minima
  - Portata normale di lavoro
- Portata di ritorno delle condense
  - Portata di progetto
  - Portata massima
  - Portata minima
  - Portata normale di lavoro

Disegno funzionale di distribuzione
Si inizia inserendo in un disegno, preferibilmente in modo topografico, tutti gli utenti che devono essere alimentati e tutte le apparecchiature complementari facenti parte del circuito (cassa osservazione condense, pozzo caldo, riscaldatori, etc.). Dopo aver indicato gli utenti e le apparecchiature si passa alla fase di collegamento degli utenti al collettore o all'anello principale di distribuzione. Tenendo sempre conto della topografia del sistema e partendo dal collettore od anello di distribuzione si collegano i vari utenti con i rami di distribuzione cercando di utilizzare la strada più breve. Un ramo di distribuzione, ovviamente può (generalmente deve) alimentare più utenti. Le derivazioni dal ramo principale sono dette "branchetti" di distribuzione. Una volta alimentati tutti gli utenti si percorre la strada a ritroso e sempre in modo possibilmente topografico si collegano gli utenti ai collettori dei ritorni o condense. I collettori, come abbiamo visto, sono di due tipi: per le condense sporche e le condense pulite. Le condense sporche saranno convogliate alla cassa osservazione od allo scomparto del pozzo caldo facente questa funzione mentre le condense pulite saranno convogliate direttamente al pozzo caldo. Tutti i due tipi di condensa, prima di arrivare alle rispettive casse, passeranno attraverso i relativi refrigeranti per la condensazione del vapore nascente ed arriveranno al pozzo caldo a temperature tra gli 80 ed i 95 °C. Le condense sporche, una volta verificato con sensori e/o visivamente, che non siano inquinate, vengano trasferite al pozzo caldo per essere, come del resto le condense pulite, inviate in caldaia per ricominciare il ciclo di produzione vapore.

Il diagramma a blocchi seguente indica a grandi linee come si potrebbe presentare il lay-out di un sistema con inseriti solamente utenti e tubazioni.

Specifiche funzionali
Questi documenti definiscono gli obiettivi funzionali di ciascun utilizzatore o prodotto compresi i componenti meccanici, parte elettrica ed eventuale software. Questi documenti costituiscono le specifiche di base per i fornitori.

Pressione di esercizio
Il sistema di distribuzione del vapore è il collegamento essenziale fra il sistema di produzione e l'utilizzatore del vapore stesso. Esso deve fornire vapore della migliore qualità alla pressione necessaria ed alla portata richiesta, con le minori possibili dispersioni di energia termica e naturalmente dovrà poter essere realizzato a costi contenuti. Noi sappiamo che per i processi industriali e per il riscaldamento si deve usare vapore saturo secco (non surriscaldato) e questo sarà il nostro obiettivo. La pressione nel sistema di distribuzione del vapore è determinata dalla pressione più alta richiesta dalle utenze nel punto dell'impianto in cui si trovano; dobbiamo tuttavia ricordare che il vapore che fluisce nelle tubazioni perderà parte della sua pressione a causa della resistenza al flusso e che parte di esso condenserà a causa delle dispersioni di linea. Tutti questi fattori devono essere attentamente considerati quando si decide quale deve essere la pressione iniziale del sistema di distribuzione.
Riassumendo, nella scelta della pressione di esercizio dobbiamo considerare la:
- Pressione richiesta dalle utenze nel punto di utilizzo
- Caduta di pressione lungo la linea (per attrito)
- Dispersione di energia termica della linea

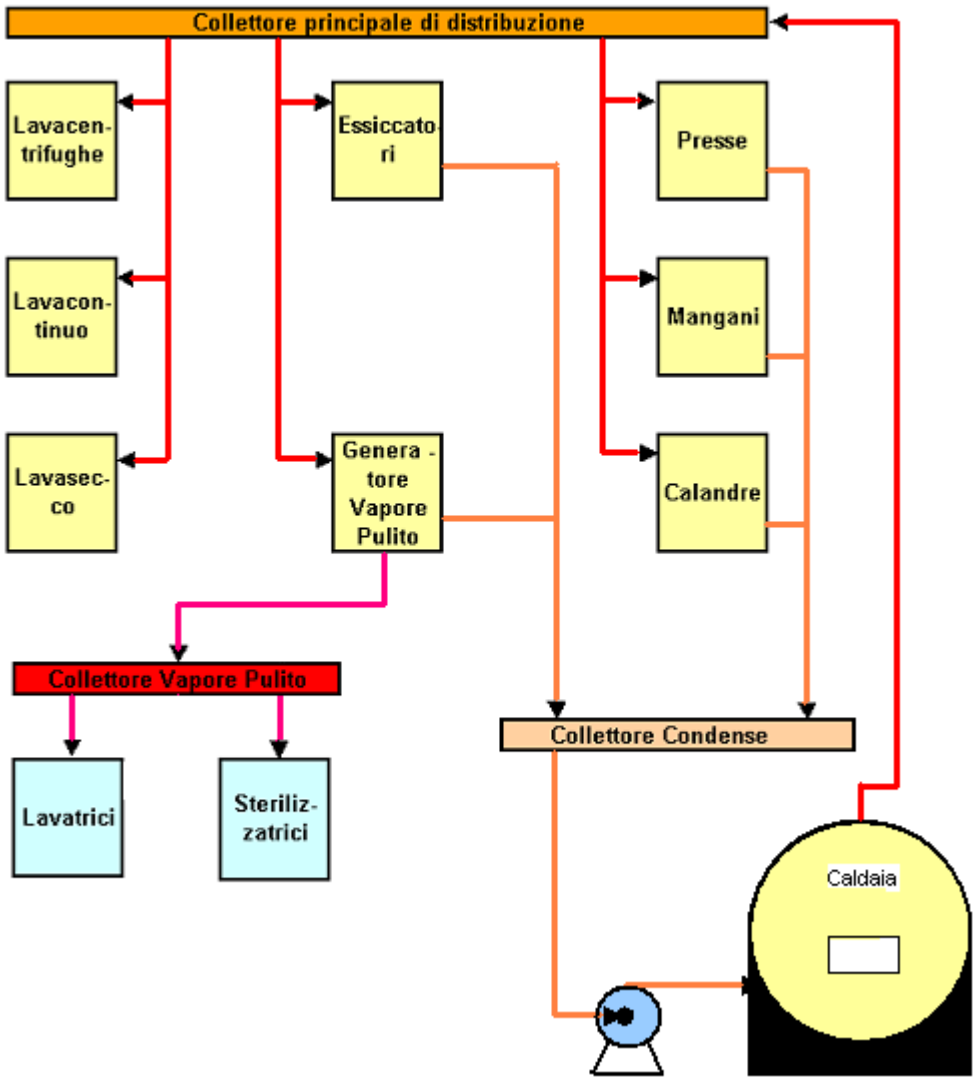
Noi sappiamo che maggiore è la pressione del vapore, minore è il suo volume specifico. Ne consegue che producendo vapore ad una pressione più elevata di quella richiesta dalle utenze e distribuendolo a questa pressione saranno sufficienti tubazioni di diametro più piccolo a parità di portata richiesta.

Distribuzione ad alta pressione
Distribuendo vapore ad alta pressione dovremo poi ridurre la pressione nel punto di utilizzo secondo le necessità delle utenze e della tecnologia del processo produttivo.
I vantaggi che ne conseguono sono i seguenti:
1. Sono necessarie tubazioni di minore diametro, la cui minore superficie causerà minore perdita di energia termica (si veda la sezione "Calcolo dello scambio di energia termica" e l'influenza dell'aumento di t e di p).

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

2. Si riducono i costi delle tubazioni del vapore, sia dei materiali (tubazioni, flangie, raccordi, supporti, ecc.) che della manodopera.
3. Si riducono anche i costi delle coibentazioni.
4. Si ottiene vapore più secco nel punto di utilizzo a causa dell'effetto di evaporazione dell'umidità conseguente alla riduzione di pressione.
5. Il generatore di vapore può funzionare a pressione maggiore, corrispondente al suo migliore rendimento.
6. Si aumenta il volume di energia del generatore di vapore, il che permette al generatore stesso di affrontare efficientemente variazioni di carico senza il pericolo di proiezioni e trascinamenti liquidi .

DIAGRAMMA A BLOCCHI DI UN SISTEMA VAPORE - RITORNO CONDENSE
DI UNA LAVANDERIA INDUSTRIALE



 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

DIMENSIONAMENTO TUBAZIONI VAPORE

Nel dimensionamento delle tubazioni esiste la tendenza naturale di scegliere il diametro delle tubazioni pari al diametro degli attacchi delle utenze cui collegare l'adduzione del vapore.Si trascura il fatto che spesso queste dimensioni sono previste per condizioni di pressione e di portata diverse da quelle effettivamente usate. Il

delle tubazioni comporta che:

• le tubazioni costeranno più del necessario
• si formerà un maggior volume di condensato a causa delle maggiori perdite
• si avrà scadente qualità del vapore e di energia termica di scambio dovuta al maggior volume di condensato (si veda la sezione "Principi fondamentali del vapore")
• si avranno maggiori perdite di energia termica.

Ad esempio si è calcolato che il costo di installazione di una tubazione del diametro di 80 mm è superiore del 44% del costo di installazione di una tubazione del diametro di 50 mm che sarebbe stata di capacità adeguata alle necessità. Il costo della coibentazione di una tubazione di 80 mm è del 21% maggiore di quello di una tubazione di 50 mm ed inoltre le perdite di energia termica sono maggiori del 50%.

Il

delle tubazioni comporta che:

• maggiore velocità del vapore, maggiore caduta di pressione e quindi pressione più bassa di quella richiesta al punto di utilizzo
• insufficiente volume di vapore al punto di utilizzo
• maggiori rischi di erosione e di colpi d'ariete (quindi inquinamento acustico) dovuti alla maggiore velocità del vapore.

Le dimensioni delle tubazioni possono essere scelte sulla base di:

• velocità del fluido
• caduta di pressione.

In ciascuno dei casi sopracitati è buona cosa verificare sia la velocità del fluido sia la caduta di pressione in modo da assicurarsi che i limiti relativi non siano stati superati. Il dimensionamento delle tubazioni secondo la velocità del fluido è basato sul volume totale del vapore fluente nella tubazione (si ricordi che il volume specifico varia al variare della pressione), essendo uguale all'area della sezione della tubazione per la velocità:

Se conosciamo la portata massica e la pressione del vapore possiamo facilmente calcolare la corrispondente portata volumetrica (m^3/s). Adottando una accettabile velocità del vapore (m/s) possiamo calcolare la sezione della tubazione (e quindi il diametro) richiesta per la portata considerata.

$$\frac{m^3}{s} = m^2 \cdot \frac{m}{s}$$

Capacità delle tubazioni alle velocità specifiche

Un esempio tipico dell'aumento di capacità delle tubazioni vapore è mostrato a pag. 19 (portate delle tubazioni alle velocità specifiche) dove viene indicato che la capacità delle tubazioni aumenta con l'aumentare di:

- Velocità, per le ragioni evidenziate.
- Pressione, poiché con l'aumentare della pressione si ha una diminuzione del volume specifico (il vapore quindi occupa meno volume della tubazione). Il diagramma della capacità delle tubazioni è pertanto una guida utile quale primo approccio,essendo basato soltanto sulla velocità del vapore: il campo da 25 a 40 m/s è generalmente adatto a linee di derivazione corte ed una velocità attorno a 15-20 m/s è generalmente adatta alle tubazioni principali di distribuzione.

Spessore delle tubazioni e diametri standard

Lo spessore delle tubazioni comunemente usate è basato su quelli formulati dall'American Petroleum Institute (API), secondo il quale allo spessore è associato un numero di "schedula". Queste "schedule" corrispondono alle pressioni nominali delle tubazioni;
sono undici: 5, 10, 20, 30, 40, 60, 80, 100, 120, 140 e 160. Ad esempio, per una tubazione di diametro nominale di
150 mm (6 inches) o di diametro minore è specificata la "schedula 40".

Solamente le "schedule 40" e "80" coprono interamente i diametri nominali da 15 mm (1/2 inches) a 600 mm (24 inches). La "schedula" più comunemente usata nelle installazioni di tubazioni di vapore è la "schedula 40" oppure la "schedula 80". Le norme internazionali riportano le tabelle delle "schedule" mettendo a disposizione del progettista diametri nominali e spessori in millimetri delle tubazioni da utilizzare. Lo spessore delle tubazioni deve essere calcolato usando l'equazione:

$$t = \frac{p \cdot D}{20S+p}$$

dove:

t = spessore in millimetri relativo alla pressione interna di progetto
p = pressione interna di progetto in bar (105 N/mm^2)
D = diametro esterno della tubazione in millimetri
S = carico di sicurezza di progetto in N/mm^2 (MN/m^2).

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

Pressure	Velocity	Pipe Size Nominal / Actual Inside Diameter Schedule 40										
Bar	m/s	15 15.8	20 20.93	25 26.64	32 35.04	40 40.9	50 52.5	65 62.7	80 77.92	100 102.26	125 128.2	150 154.05
0.4	15	9	15	25	43	58	95	136	210	362	569	822
	25	14	25	41	71	97	159	227	350	603	948	1369
	40	23	40	66	113	154	254	363	561	965	1517	2191
0.7	15	10	18	29	51	69	114	163	251	433	681	983
	25	17	30	49	85	115	190	271	419	722	1135	1638
	40	28	48	78	136	185	304	434	671	1155	1815	2621
1	15	12	21	34	59	81	133	189	292	503	791	1142
	25	20	35	57	99	134	221	315	487	839	1319	1904
	40	32	56	91	158	215	354	505	779	1342	2110	3046
2	15	18	31	50	86	118	194	277	427	735	1156	1669
	25	29	51	83	144	196	323	461	712	1226	1927	2782
	40	47	82	133	230	314	517	737	1139	1961	3083	4451
3	15	23	40	65	113	154	254	362	559	962	1512	2183
	25	38	67	109	188	256	423	603	931	1603	2520	3639
	40	61	107	174	301	410	676	964	1490	2565	4032	5822
4	15	28	50	80	139	190	313	446	689	1186	1864	2691
	25	47	83	134	232	316	521	743	1148	1976	3106	4485
	40	75	132	215	371	506	833	1189	1836	3162	4970	7176
5	15	34	59	96	165	225	371	529	817	1408	2213	3195
	25	56	98	159	276	375	619	882	1362	2347	3688	5325
	40	90	157	255	441	601	990	1411	2180	3755	5901	8521
6	15	39	68	111	191	261	430	613	947	1631	2563	3700
	25	65	114	184	319	435	716	1022	1578	2718	4271	6167
	40	104	182	295	511	696	1146	1635	2525	4348	6834	9867
7	15	44	77	125	217	296	487	695	1073	1848	2904	4194
	25	74	129	209	362	493	812	1158	1788	3080	4841	6989
	40	118	206	334	579	788	1299	1853	2861	4928	7745	11183
8	15	49	86	140	242	330	544	775	1198	2063	3242	4681
	25	82	144	233	404	550	906	1292	1996	3438	5403	7802
	40	131	230	373	646	880	1450	2068	3194	5501	8645	12484
10	15	60	105	170	294	401	660	942	1455	2506	3938	5686
	25	100	175	283	490	668	1101	1570	2425	4176	6563	9477
	40	160	280	453	785	1069	1761	2512	3880	6682	10502	15164
14	15	80	141	228	394	537	886	1263	1951	3360	5281	7625
	25	134	235	380	657	896	1476	2105	3251	5600	8801	12708
	40	214	375	608	1052	1433	2362	3368	5202	8960	14082	20333

Portate vapore delle tubazioni alle velocità specifiche

Il materiale delle tubazioni comunemente usato è l'acciaio dolce (grado 620), ma il grado può variare in conformità delle esigenze delle applicazioni. Il carico specifico di progetto deve essere calcolato con l'equazione sopra indicata per avere un'indicazione dello spessore della tubazione, ma può essere reperito sulle norme di unificazione DIN-BS-ecc. riferentesi alle tubazioni per impieghi termici ed in connessione con caldaie.

Gli sforzi variano grandemente con la temperatura e questa è un parametro importante per la scelta del carico specifico di progetto. Occorre anche considerare gli sforzi che possono concentrarsi nei punti di ancoraggio delle tubazioni ma, se il progetto è fatto in modo adeguato, ciò può essere trascurato, scegliendo per il progetto dei carichi specifici conservativi.

La tubazione inoltre dovrebbe avere uno spessore sufficiente per resistere a stress occasionali oppure per sopportare usi erronei, quale ad es. essere di supporto per pompe/parti di impianto ecc. Spesso è sufficiente il buon senso per valutare se la tubazione da adottare è delle corrette dimensioni.

Un sistema comunemente usato per la identificazione dello spessore delle tubazioni è quello di marcare le estremità con bande colorate, come previsto dalle tabelle internazionali di unificazione applicabili a tubazioni di acciaio di grado specifico, con banda rossa per quelle di spessore maggiore e banda blu per quelle di spessore medio. Le tubazioni con banda rossa sono quelle più comunemente usate per la distribuzione del vapore, mentre quelle con banda blu sono più comunemente usate per la distribuzione di aria compressa. I tubi di lunghezza minore di 4 m hanno soltanto una banda colorata mentre quelli di lunghezza compresa tra 4 e 7 m hanno due bande colorate, ognuna delle quali vicina alle due estremità. Le bande colorate sono larghe circa 50 mm.

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

Fascia Rossa - maggiore spessore
fino a 4 metri di lunghezza

Fascia blu - medio spessore
Fra 4 e 7 m di lunghezza

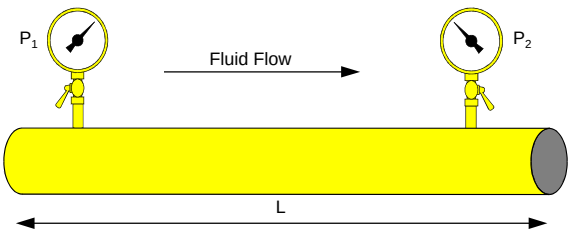
Tubazioni con bande colorate

Portate delle tubazioni e perdite di carico

Dobbiamo considerare le perdite di carico o di pressione che si verificano nelle tubazioni come conseguenza del flusso. E' consigliabile l'uso delle tabelle che permettono di ottenere al riguardo informazioni più accurate e complete. Nelle pagine successive faremo poi alcuni esempi teorici e pratici in modo che si possano capire i criteri usati per il dimensionamento delle tubazioni.

Esempio 1:

Supponiamo di avere una pressione iniziale di 7 bar ed una pressione di 6,4 bar al termine della tubazione. Il fattore di pressione (P1) rilevabile dalle tabelle per il dimensionamento delle tubazioni è di 56,38 corrispondente alla pressione iniziale e di 48,48 (P2) in corrispondenza della pressione finale.



Caduta di pressione in funzione della lunghezza

F (Fattore di pressione)

Se supponiamo che la lunghezza della tubazione (comprensiva di maggiorazione per curve e derivazioni) sia di 263 metri, avremo:

$$\frac{P_1 - P_2}{L} = F = \frac{(56{,}38 - 48{,}48)}{263} = 0{,}03$$

I fattori di pressione mostrati sono calcolati con equazioni teoriche (guida CIBSE-C4-67) che usano numeri di Reynolds, viscosità e rugosità delle tubazioni di acciaio. Questi valori sono calcolati entro un certo campo di pressioni e di velocità e quindi sono sufficientemente accurati per l'uso del dimensionamento delle tubazioni di distribuzione vapore.

Per esempio, usando la tabella delle portate e dei fattori di caduta di pressione, partendo dalla colonna (F) di sinistra per 0,030 e andando sulla colonna di destra corrispondente vediamo che, per una tubazione di diametro di 65 mm, si ha una portata di vapore di 919 kg/h (x) con un fattore di velocità (y) di 80,6 m/s.

Il fattore di velocità (y) è basato su un volume di vapore di 1 m³/kg e quindi può essere facilmente convertito per avere la velocità reale corrispondete ad altri volumi specifici.

$$y = \frac{\text{Velocità Reale}}{\text{Volume Specifico Effettivo}}$$

Pertanto, se il fattore di velocità (y) = 80,6 m/s e la pressione del vapore è di 7 bar, con un volume specifico di 0,240 m³/kg con il metodo di sostituzione avremo che la velocità reale è di:

Velocità effettiva = 80,6 x 0,24 = 19,35 m/s

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

Tabella fattori di pressione (Estratto)

Pressione bar g	Volume m³/kg	Fattore di pressione
6.0	0.272	43.54
6.1	0.269	44.76
6.2	0.265	45.98
6.3	0.261	47.23
6.4	0.258	48.48
6.5	0.255	49.76
6.6	0.252	51.05
6.7	0.249	52.36
6.8	0.246	53.68
6.9	0.243	55.02
7.0	0.240	56.38
7.1	0.237	57.75
7.2	0.235	59.13
7.3	0.232	60.54
7.4	0.229	61.96
7.5	0.227	63.39
7.6	0.224	64.84
7.7	0.222	66.31
7.8	0.219	67.79
7.9	0.217	69.29
8.0	215	70.80

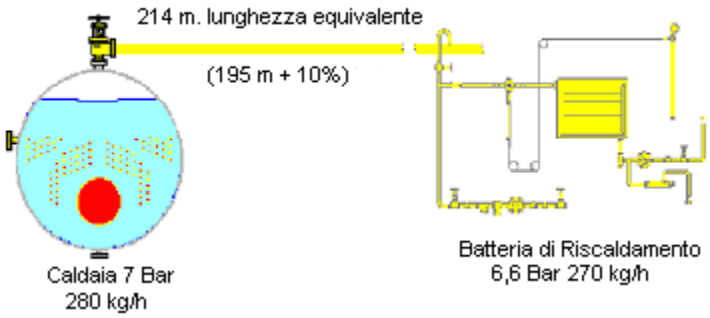
Portata delle tubazioni e fattori di perdita di carico (Estratto)

	Dimensioni tubi (mm)															
F	15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150	175	200	225	250	300
0.020 x	9.8	30.16	63.75	114.7	189	411	760.1	1226	2697	4504	7593	12014	17 163	23538	31384	50508
y	20.51	29.55	36.07	39.62	146.4	158.3	66.7	75.01	480.4	107.5	122.3	135.6	147.3	160.0	172.0	193.3
0.025 x	10.59	33.48	70.73	127.3	209.8	459.7	834.6	1367	2970	5422	8817	13296	19332	26357	34750	56581
y	23.0	32.8	40.02	43.97	51.39	65.03	73.2	83.7	102	119	135	150	166	179	191	217
0.030 x	12.0	36.0	77.2	138	230	501	919	1480	3624	5884	9792	14481	20917	28595	37967	62522
y	25.1	36.0	43.7	47.6	56.3	70.9	80.6	90.6	112	129	150	164	180	195	207	239

0.08 x	21.1	62.3	135	245	402	873	1594	2599	5688	10249	16672	24518	36532
y	44.1	61.0	76.3	86.7	98.5	124	140	159	195	225	255	277	314

Esempio 2

Come esempio pratico usiamo il calcolo della caduta di pressione per determinare il diametro della tubazione principale del vapore di cui alla figura di seguito riportata.



 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

Lunghezza

Conoscendo la distanza fra una caldaia ed una batteria di scambio termico, noi dobbiamo tener conto della resistenza relativa ai componenti ed agli accessori montati sulla tubazione che li collega. E' conveniente esprimere il valore di tale resistenza in metri di lunghezza equivalente di tubazione, per cui, ad esempio, una valvola a globo presenta una resistenza al flusso corrispondente a x metri di tubazione diritta.

Se fosse conosciuto il diametro della tubazione principale, la lunghezza equivalente da aggiungere alla lunghezza corrispondente alla distanza, relativa ai componenti, sarebbe calcolabile, mentre per il nostro caso è necessario fare delle supposizioni.

Se la lunghezza della tubazione fosse maggiore di 100 m e prevalentemente rettilinea, allora la lunghezza equivalente proporzionale da aggiungere per la raccorderia ed accessori vari potrebbe verosimilmente essere del 10%.

Per una tubazione simile, ma di lunghezza inferiore, la lunghezza equivalente da aggiungere potrebbe essere attorno al 15-20%.

Poiché il nostro esempio è relativo al primo caso, alla lunghezza di 195 m aggiungeremo il

10% (195 m) = 214 m

Portata vapore

Un'ulteriore supposizione deve essere fatta relativamente alle dispersioni di energia termica della tubazione principale. La batteria di scambio richiede una portata vapore di 270 kg/h, per cui, al flusso nella tubazione principale, a questa quantità dobbiamo aggiungere la quantità di vapore condensato relativa alle dispersioni. Il diametro della tubazione principale non è ancora stato determinato per cui non è possibile fare un calcolo definitivo della dispersione e quindi della portata vapore necessaria, ma se supponiamo che la tubazione sia coibentata, è ragionevole ritenere sufficiente l'aggiunta per le perdite corrispondente all'1% della portata ogni 30 m di tubazione.

Nel nostro esempio

$$\frac{214\ m}{30\ m} \cdot \frac{1}{100} = 7{,}1\%$$

Portata vapore all'uscita caldaia = 270 + 7,1 % = 289 kg/h

Dalla tabella ricaviamo che i fattori di pressione sono

a 7,0 bar P1 = 56,38
a 6,6 bar P2 = 51,05

La lunghezza equivalente L = 214 m

Quindi:

$$F = \frac{P1-P2}{L} = \frac{56{,}38 - 51{,}05}{214} = 0{,}025$$

Dalle tabelle delle portate delle tubazioni e dei fattori di perdita di carico ricaviamo, per un fattore F = 0,025, che:

- Una tubazione da 40 mm di diametro avrebbe una portata di 209,8 kg/h
- Una tubazione da 50 mm di diametro avrebbe una portata di 459,7 kg/h.

Ne consegue che, per il nostro caso, utilizzeremo il diametro di 50 mm.

- E' cattiva abitudine dimensionare una tubazione al limite assoluto della sua capacità, mentre è meglio lasciare un certo margine per compensare sia ogni eventuale errore di progetto che una possibile espansione dell'impianto.
- Qualora il valore calcolato di F sia compreso tra due di quelli indicati nella tabella, sarà possibile fare una interpolazione con discreta precisione anche se l'espressione di calcolo dei valori tabulati non è perfettamente lineare. Inoltre, va tenuto conto che le tubazioni sono prodotte soltanto nelle dimensioni standard (come mostrato nella tabella), per cui approssimazioni sono comunque inevitabili.

Effettuiamo ora la verifica della velocità.

Abbiamo visto precedentemente che i dati di cui alla linea "y" rappresentano i fattori di velocità riferiti ad un volume di vapore di 1 m³/kg.

Per una tubazione di diametro di 50 mm la tabella dà un valore "y" di 65 ed una portata di 459,7 kg/h di vapore. Dal momento che la nostra portata è di 289 kg/h di vapore il valore di "y" può essere determinato proporzionalmente, cioè:

$$\frac{65}{459{,}7} = \frac{y}{289} \quad ; \quad y = 40{,}86$$

Poiché il vapore a 7 bar ha un volume (ricavato dalla tabella dei fattori di pressione) di 0,24 m3/kg la velocità reale dell'esempio sopra riportato per una tubazione di 50 mm sarà:

$$y = \frac{\text{velocità reale}}{\text{volume specifico attuale}}$$

$$40{,}86 = \frac{\text{velocità reale}}{0{,}24}$$

velocità reale = 9,8 m/s

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

Si può credere che la velocità di cui sopra sia bassa in confronto con la massima velocità possibile, bisogna però ricordare che la tubazione del vapore è stata dimensionata in modo da limitare la caduta di pressione, poiché alla massima velocità possibile è associata una caduta di pressione molto alta. Vediamo pertanto come avremmo determinato il diametro della tubazione se avessimo invece usato una velocità di 21 m/s.
Le pressioni intermedie e le velocità possono essere calcolate in questo modo:

$$y = \frac{\text{velocità reale}}{\text{volume specifico attuale}}$$

Per una velocità di 21 m/s ed una pressione del vapore a 7 bar (volume di 0,24 m³/kg)

$$y = \frac{21}{0,24} = 87,5$$

Possiamo ora scorrere la tabella delle capacità delle tubazioni e dei fattori di caduta di pressione deducendo in quali condizioni 289 kg di vapore possono essere gestiti con un fattore di velocità di 87,5.
Le condizioni più prossime sono quelle dalla colonna della tubazione da 40 mm in corrispondenza di un fattore F di 0,08. Usando una tubazione di diametro 40 mm, dato che P1 ed L sono invariati, mediante la formula:

$$\frac{P_1 - P_2}{L} = F$$

determiniamo

$$P_2 = P_1 - (F \cdot L) = 56,38 - (0,08 \cdot 214)$$
$$P_2 = 39,26$$

Dalla tabella dei fattori di pressione ricaviamo che quanto precede è equivalente ad una pressione leggermente inferiore a 5,7 bar.
Se si fosse installata una tubazione da 40 mm anziché una da 50 mm la pressione del vapore alla batteria di scambio termico sarebbe stata ben inferiore alla pressione di progetto!

Tubazioni di derivazione e scarichi
E' importante ricordare che le tubazioni di derivazione sono normalmente più corte delle tubazioni principali, perciò è meno necessario determinare il diametro delle derivazioni sulla base della caduta di pressione. Con una tubazione principale di 250 m di lunghezza, una caduta di pressione limitata a 0,5 bar può essere perfettamente valida perfino se comporta velocità più basse di quelle previste. Con una tubazione di derivazione di 5 oppure 10 m di lunghezza lo stesso criterio
di dimensionamento porterebbe a valori di 0,01 oppure di 0,02 bar solamente. Questi valori sono chiaramente insignificanti per cui usualmente si dimensionano le tubazioni di derivazione in modo da avere velocità maggiori anche se ciò può portare a maggiori cadute di pressione che per tubazioni di lunghezza limitata sono certamente accettabili.
Spesso si scelgono i diametri delle tubazioni usando tabelle simili a quella riportata nelle pagine precedenti.
"Capacità delle tubazioni e velocità specifiche del vapore". Le velocità di 25/30 m/s si utilizzano esclusivamente con tratti di collegamento agli utilizzi molto corti in quanto presuppongono una alta perdita di carico unitaria. La caduta di pressione aumenta sensibilmente quando ci sia una sensibile presenza di raccorderia, giunti, gomiti, ecc. La perdita di carico è variabile in modo più che proporzionale (potenziale) con il diametro di tubazione per cui contenere la velocità in presenza di diametri piccoli od aumentarla con l'aumento del diametro di tubazione. Per lunghezze sensibili limitare la velocità entro i 15 m/s oppure effettuare il dimensionamento con la determinazione delle perdite di carico.
Per il dimensionamento delle tubazioni di adduzione vapore alle utenze si può utilizzare anche i diagrammi di seguito riportati sia in funzione della velocità del vapore che in funzione della perdita di carico:
Le velocità consigliate in m/sec. dei vari fluidi nelle tubazioni sono le seguenti:

DN Tubazione	Vapore	Acqua	Acqua surr/Olio D.
15 - 25	10 – 15	0,5 – 0,8	0,5 – 1
32 – 40	15 – 20	0,8 – 1,5	1 – 1,8
50 – 100	25 – 30	1,5 – 2	1,8 – 2,5
125 - 200	30 - 35	2 – 2,5	2,5 - 3

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

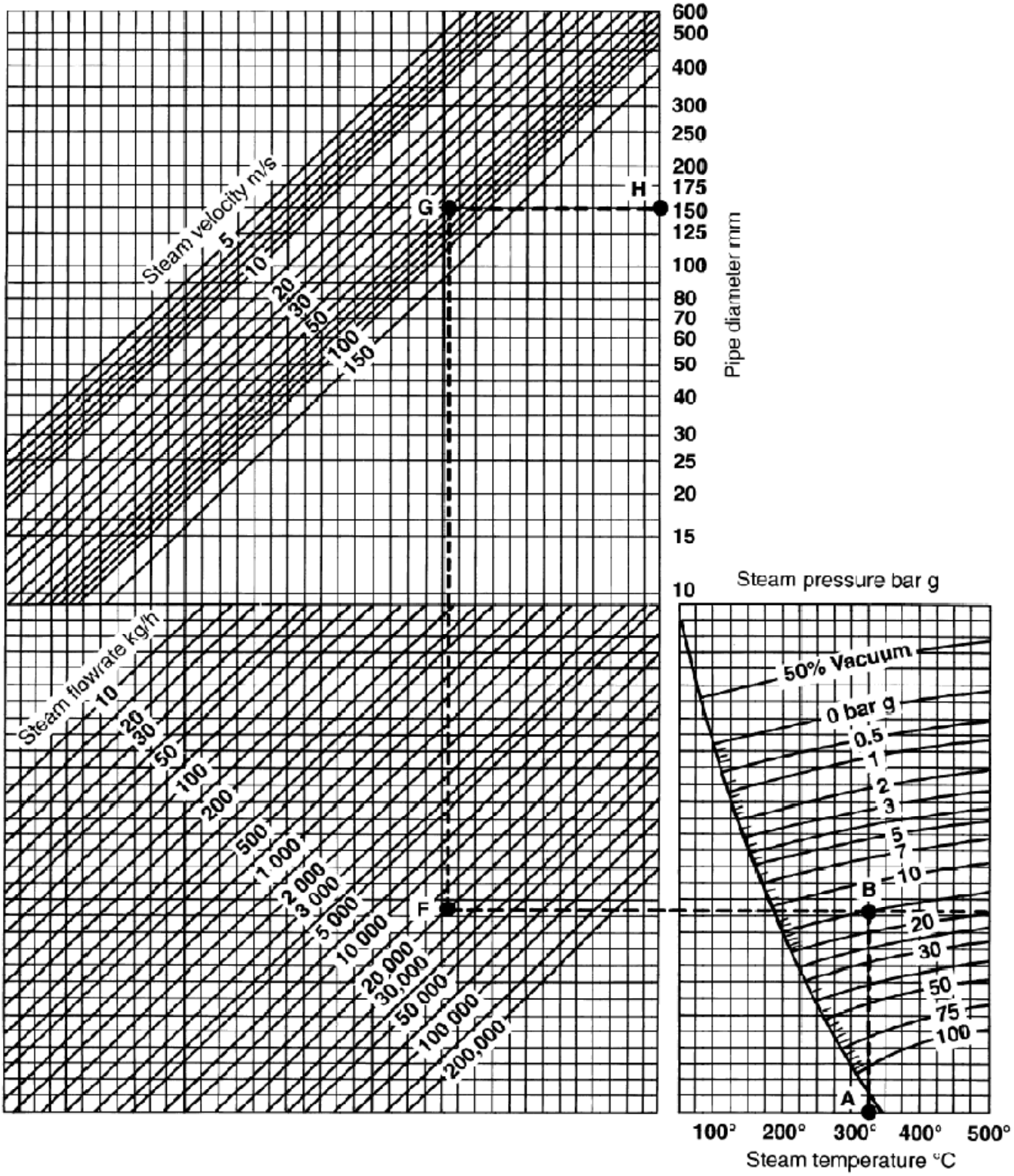


Diagramma per il calcolo delle tubazioni vapore in funzione della velocità

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

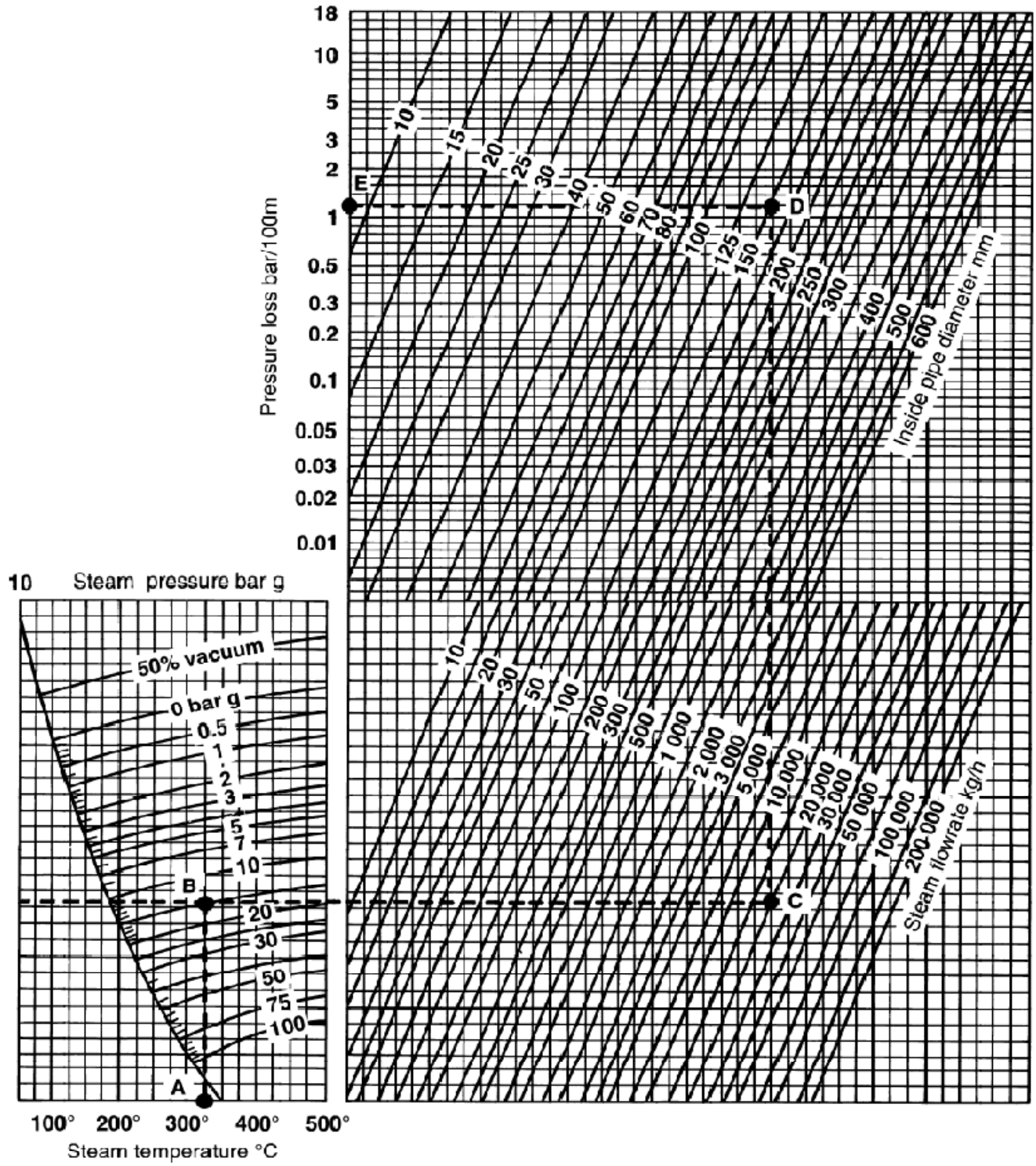


Diagramma per il calcolo delle tubazioni vapore in funzione della perdita di carico

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

LINEE DI RITORNO CONDENSE

Il dimensionamento delle tubazioni del condensato è influenzato da molti fattori per cui è difficile stabilire un semplice elenco di raccomandazioni cui fare riferimento essendo in gioco molte variabili quali ad esempio:

- il sistema di controllo
- la pressione di esercizio del vapore
- il tipo di scaricatori utilizzato
- il modo di installazione
- la temperatura ambiente.

Possiamo tuttavia suddividere il problema in 3 parti:

Linee di collegamento dagli apparecchi utilizzanti il vapore agli scaricatori

Linee di scarico dagli scaricatori

Linee di mandata delle pompe di ritorno condense

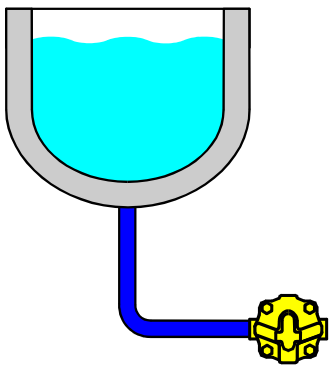
Le esigenze determinabili per ciascun punto variano anche in funzione della pressione di esercizio.

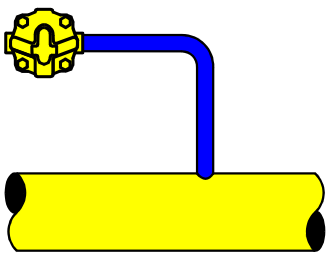
Linee di adduzione del condensato agli scaricatori

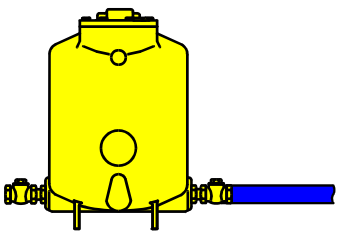
In questa parte dell'impianto il condensato deve fluire dall'uscita dell'apparecchio utilizzante vapore allo scaricatore. Poiché la pressione del vapore nell'apparecchio e nello scaricatore sono uguali il condensato potrà fluire solo per gravità per cui, come regola generale, lo scaricatore deve essere installato inferiormente all'apparecchio cui è collegato.

Le tubazioni dal punto di scarico allo scaricatore di condensa devono essere installate con pendenza verso il basso. Nella tabella seguente sono riportate le portate di condensato in funzione del diametro della tubazione e della minima perdita di carico per attrito nella tubazione stessa.

Non si può supporre a priori che il diametro dello scarico dell'utenza sia quello adatto anche per la scelta dello scaricatore, poiché l'impianto e l'apparecchio potrebbero essere previsti per funzionare in condizioni diverse e variabili di pressioni e portate.







 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

Dimensionamento delle Tubazioni di adduzione allo scaricatore di condensa

Nella scelta del diametro delle tubazioni di scarico condensa si deve tenere presente che la quantità di condensato da scaricare non è necessariamente quella corrispondente alla portata vapore di pieno carico dell'utenza.

Infatti all'avviamento dell'impianto la portata del condensato potrebbe essere fino al doppio di quella corrispondente al carico di lavoro massimo dell'utenza.

Inoltre la tubazione di collegamento utenza-scaricatore spesso deve scaricare anche l'aria contenuta dall'utenza, spinta allo scarico dal vapore in ingresso.

La tabella sottostante è basata sull'esperienza e fornisce un metodo pratico ed attendibile per il dimensionamento della tubazione: i dati sono stati calcolati per una portata di vapore doppia rispetto a quella di pieno carico dell'utenza con una perdita di carico per attrito di 1,4 mbar/m di tubazione.

Sono pertanto comprese anche le portate di condensato formatesi all'avviamento dell'impianto che non dovranno così essere calcolate e considerate.

DIMENSIONAMENTO LINEE CONDENSA in funzione della Portata in Kg/h e delle Perdite di carico

Diametro nominale	Perdite di carico 0,3 mbar/m	Perdite di carico 0,5 mbar/m	Perdite di carico 0,6 mbar/m	Perdite di carico 0,8 mbar/m	Perdite di carico 1 mbar/m	Perdite di carico 1,4 mbar/m
15	95	130	140	**160**	180	220
20	220	290	320	**370**	420	500
25	410	540	600	**690**	790	940
32	890	1180	1300	**1500**	1700	2040
40	1360	1790	2000	**2290**	2590	3100
50	2630	3450	3810	**4390**	4990	6000
65	5350	6950	7730	**8900**	10150	12100
80	8320	10900	12000	**13800**	15650	18700
100	17000	22200	24500	**28200**	31900	38000
125	32600	42600	47000	**54100**	61200	73000
150	62700	81800	90300	**104000**	117600	140000

Per tener conto del fenomeno di rievaporezione e per evitare alte contropressioni all'avviamento, il diametro delle tubazioni dovrebbe essere determinato considerando il carico iniziale, che è in molti casi, circa il doppio del carico di esercizio. Per gli impieghi più comuni è sufficiente dimensionare la linea per una perdita di carico di 0,8 mbar per metro (circa 8 mm. di c.a. per metro) utilizzando la colonna evidenziata della tabella precedente.

Tubazioni di scarico dagli scaricatori di condensa

La tubazione collegata all'uscita dello scaricatore non deve solo trasportare condensato, aria o altri gas incondensabili, ma anche il vapore di rievaporazione che si genera allorché la pressione del condensato subisce una diminuzione. Per quanto lo spazio lo permetta queste tubazioni devono avere la massima pendenza possibile verso il successivo componente del- l'impianto quale:

- il serbatoio di ricupero per il vapore nascente,
- il sistema di raccolta per l'alimentazione della pompa condense
- il pozzo di ritorno condense per la caldaia o il degasatore. Dovranno essere considerate le seguenti condizioni:

1. Avviamento

Il condensato è relativamente freddo e quindi il vapore di rievaporazione sarà scarso o inesi-stente; d'altra parte la portata delle condense sarà la massima ed anche una sensibile quantità d'aria sarà scaricata attraverso lo scaricatore e quindi nella tubazione di scarico assieme al condensato.

Ne consegue che la tubazione di scarico dello scaricatore dovrà essere almeno uguale in diametro all'attacco di ingresso dello scaricatore.

2. Funzionamento in esercizio

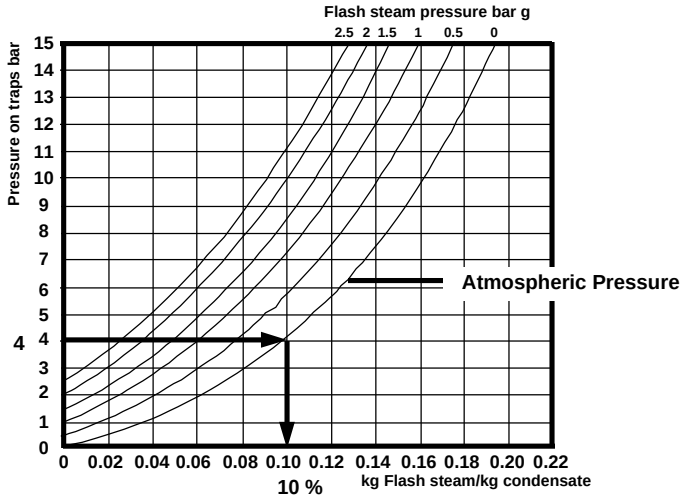
Dopo un certo tempo la portata del condensato si assesterà al valore normale corrispondente alla portata di vapore normalmente utilizzata. In queste condizioni la temperatura del condensato aumenta fino a quella del vapore e quindi, non appena il condensato viene scaricato nella linea di trasporto condensa che è a pressione minore.

Esempio

Si abbiano delle condense a 7 barg ed a temperatura di saturazione (170°C) la cui entalpia è 721 kj/kg. Allorché questo condensato venga scaricato a pressione atmosferica (0 bar g) si ha un eccesso di energia rispetto la condizione di equilibrio dello stato liquido. Questa energia disponi- bile evapora una parte del condensato presente che si deve portare a 100°C.

Il diagramma "Quantità di vapore di rievaporazione" è utile per la determinazione della percentuale di vapore di rievaporazione generato dal condensato alle diverse condizioni di pressione.

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.


Flash steam pressure bar g
2.5 2 1.5 1 0.5 0
Pressure on traps bar
15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0
Atmospheric Pressure
4
0 0.02 0.04 0.06 0.08 0.10 0.12 0.14 0.16 0.18 0.20 0.22
10 %
kg Flash steam/kg condensate

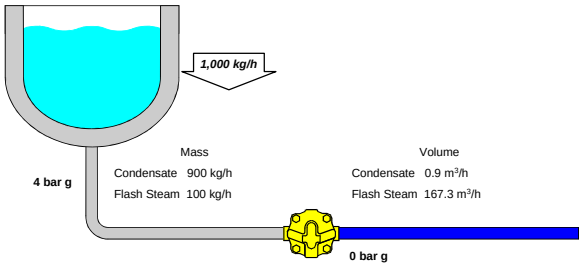


Grafico per determinare la quantità di Vapore di Rievaporazione

Determinazione della percentuale di vapore di rievaporazione mediante il diagramma: Pressione allo scaricatore = 4 bar g
Pressione del vapore di rievaporazione
(pressione nella tubazione condensa = 0 bar g)
Percentuale di vapore di rievaporazione = 10%
La quantità di vapore di rievaporazione presente nella tubazione del condensato è il fattore più importante per determinare il diametro della tubazione di scarico dello scaricatore di condensa.

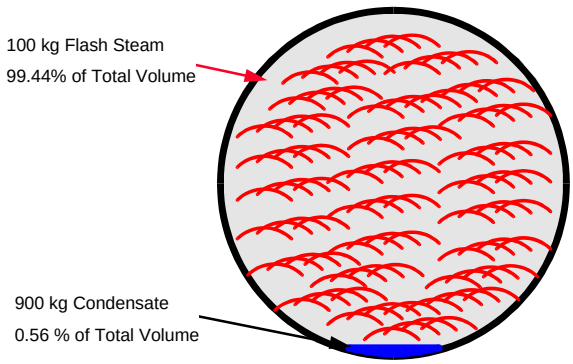
Dimensionamento in funzione del solo vapore di rievaporazione

Per ragioni di costo, i collettori principali del condensato sono di diametro più piccolo possibile. Le tubazioni sono generalmente previste per una determinata portata di acqua, mentre in realtà il fluido scaricato da uno scaricatore di condensa è una miscela di condensa e di vapore di rievaporazione.
Non sempre si tiene conto come, in funzione della pressione a monte dello scaricatore e della pressione nella tubazione del condensato a valle di esso il vapore di rievaporazione possa essere fino a 400 volte il volume del condensato.
Questo fatto ci indica chiaramente che il sistema di ritorno delle condense deve essere dimensionato in funzione del volume del vapore di rievaporazione anziché sul volume del condensato Riprendiamo l'esempio precedente che ci dimostra come il 10% di condensato rievapora passando da una pressione a monte di 4 bar alla pressione atmosferica.

Esempio di dimensionamento di una tubazione condensato

Supponiamo di avere 1000 kg/h di condensato alle condizioni di pressione visti precedentemente
(4 bar g monte /0 bar g valle). Questo significa che per ogni chilogrammo di condensa espulsa dallo scaricatore avremo nella tubazione di ritorno 0,1 kg di vapore a 0 bar e 0,9 kg di acqua calda.

Volume dell'acqua = 900 litri/h = 0,9 m^3/h
Volume del vapore di rievap. = 100 kg/h = 167,3 m^3/h
Totale Volume m^3/h 168,2 m^3/h
(Il volume specifico del vapore saturo a 0 bar g è 1,673 m^3/kg)



La portata volumetrica della tubazione sarà quindi di 168,2 m3/h in cui il vapore rappresenta il 99,44% del volume mentre l'acqua rappresenta soltanto lo 0,56% per cui, praticamente, il vapore di rievaporazione occupa tutto il volume della tubazione.
Il risultato di immettere nella tubazione di ritorno un così alto volume di vapore è quello di provocare una contropressione a valore superatmosferico che, di per se stesso, tende a contenere la quantità di rievaporazione sviluppatasi.
Tutto il condensato si raccoglierà sul fondo della tubazione determinando un flusso in movimento ad una velocità inferiore a quella del vapore; la portata di condensato, sommata a quella del vapore eguaglierà la portata di condensa passante per lo scaricatore.
Il diametro della tubazione di ritorno condense può essere calcolato in base alla portata massica del vapore di rievaporazione, quindi scelta con l'uso della tabella di cui alla pagina seguente.
Data la presenza di condensato sul fondo della tubazione, il vapore sarà saturo umido per cui non dovrà essere superata la velocità di 15 m/s se si

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

Pressione a valle dello scaricatore	Dimensione nominale della tubazione (mm)										
(bar g)	15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150
0.0	6.2	11.0	17.8	30.3	41.9	69.0	98.4	152.0	261.8	411.4	594.1
0.1	6.8	12.0	19.4	33.2	45.8	75.5	107.6	166.2	286.3	449.9	649.7
0.2	7.4	13.0	21.1	36.0	49.9	81.8	116.7	180.3	310.5	488.1	704.7
0.3	8.0	14.0	22.7	38.8	53.5	88.2	125.8	194.3	334.7	526.0	759.5

vogliono evitare colpi di ariete ed erosioni in corrispondenza dei cambiamenti di direzione. Considerando l'esempio soprariportato e riferendoci alla portata del vapore di rievaporazione, il diametro della tubazione di ritorno condensato più adatto sarà:

Portata massica del vapore di rievaporazione = 0,1 x 1000 kg/h = 100 kg/h
Diametro della tubazione per 100 kg/h
alla pressione di 0 bar g nella tubazione = 65 mm
(vedi tabella di cui sopra)

1. Controllo di temperatura. Se l'impianto è controllato termostaticamente, la valvola di regolazione spesso, in fase di controllo, causerà una caduta di pressione pari ad almeno metà della pressione di alimentazione del vapore; a volte però la valvola automatica non è dimensionata con la perdita di carico critica e può dare anche la massima portata con caduta di pressione inferiore. Si ricordi quindi che più bassa è la pressione a valle della valvola, minore sarà la produzione di vapore di rievaporazione.
Per pressioni uguali o superiori a 0,3 bar g riferirsi alla tabella per il dimensionamento delle tubazioni vapore contenuta nel "Manuale Tecnico Spirax Sarco".
Considerazioni sul dimensionamento delle tubazioni di condensato.
Sebbene i dati di cui alla precedente tabella siano teoricamente corretti, si dovranno tener presente alcune considerazioni pratiche:
2. Scaricatore di tipo termostatico. Questi scaricatori (es. scaricatori a pressione equilibrata e scaricatori bimetallici) sono progettati per funzionare ad una temperatura minore della temperatura di saturazione. Secondo il tipo di scaricatore considerato questo valore di temperatura è inferiore da 10° a 50°C della temperatura di saturazione; per esempio uno scaricatore a pressione equilibrata può essere dotato di una capsula funzionante ad una temperatura di 13°C inferiore alla temperatura di saturazione.
Questo naturalmente provocherà una minore produzione di vapore di rievaporazione.

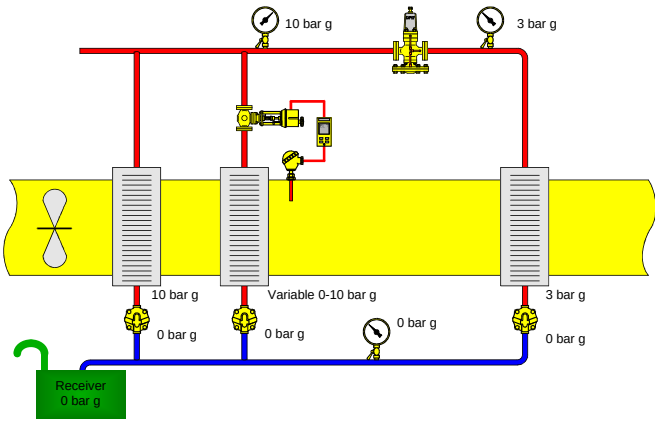
Si consideri il seguente esempio:
Temperatura di saturazione a 7 bar g = 170,5°C
Temperatura di taratura dello scaricatore - 13°C = 170,5 - 13 = 157,5°C
Pressione corrispondente a 157,5°C = 500 bar g
Pertanto si dovrà considerare una pressione a monte pari a 5 bar g anziché a 7 bar g. Questo permette l'impiego di una tubazione di diametro minore.
3. Carico all'avviamento dell'impianto. Nelle condizioni di avviamento l'impianto è freddo e quindi si ha la massima produzione di condensato. La portata di avviamento però differisce notevolmente da un impianto all'altro perché funzione anche del tempo di preriscaldo per cui,
gli impiantisti, in base alla loro esperienza ed alle diverse parti dell'impianto e dell'uso relativo, possono applicare un fattore di sicurezza indicativamente compreso tra 2 e 3 che garantisca il
corretto funzionamento del sistema. Generalmente si applicano queste considerazioni per impianti con frequenti fermate e riavviamenti.
E' possibile inoltre che non tutte le apparecchiature di un particolare impianto debbano funzionare contemporaneamente ed eventuali altre necessità peculiari dovranno essere tenute presenti.
Ad esempio in una lavanderia, all'avviamento, l'acqua di lavaggio deve essere riscaldata, dopo un certo tempo vengono inseriti gli essicatori ed in seguito verrà attivata anche la stiratura.
4. L'uso di rievaporatori sull'impianto e di degasatori nel locale caldaia comporta linee di ritorno condensato a pressione più alta; in questi casi è necessario controllare che l'aumento di
pressione non comprometta il regolare funzionamento degli scaricatori di condensa. L'aumento di pressione in questi casi è semplicemente dovuto alla formazione di vapore nascente nel rievaporatore oppure al sistema di funzionamento del degasatore.
-Funzionamento di scaricatori a pressioni diverse
Sovente viene chiesto se è possibile collegare ad una linea di ritorno condensa comune scaricatori, di condensa che funzionano a pressioni diverse fra loro. Si pensa che ci possa essere interferenza tra lo scarico di scaricatori a pressione alta con lo scarico di scaricatori funzionanti a pressione minore; così ragionando si trascura però il fatto che le diverse pressioni sono presenti soltanto fino al seggio degli scaricatori. All'uscita di

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

ciascun scaricatore la pressione sarà quella esistente nella linea di ritorno e comune quindi a tutti gli scaricatori: naturalmente vi possono essere contropressioni dovute al vapore di rievaporazione, la cui formazione e quantità dipendono dal salto di pressione tra l'ambiente a monte di ciascun scaricatore e la tubazione comune di ritorno condensato.
Vedasi la figura sottostante.
Se la tubazione comune di ritorno condensato è però sottodimensionata è certamente possibile che la contropressione aumenti in modo tale da limitare o perfino inibire lo scarico degli scaricatori funzionanti a pressione minore.
Praticamente ciascuna linea di scarico dallo scaricatore alla tubazione comune di ritorno dovrebbe essere dimensionata in base alle quantità di condensato e relativo vapore di rievaporazione imponendo velocità congrue, tali cioè che assicurino lo scarico anche agli scaricatori funzionanti a pressioni più basse.
Contropressione agli scaricatori
La contropressione relativa alle tubazioni di collegamento tra scaricatore e tubazione comune di ritorno condensato è la somma di almeno 3 componenti:
1. La pressione esistente al termine della linea di ritorno delle condense, oppure la pressione nel serbatoio nel quale scarica la linea di ritorno condensato.
2. Il battente idrostatico gravante sullo scaricatore imposto dalla necessità di innalzare il condensato, per esempio da uno scaricatore installato ad un livello inferiore rispetto la linea di ritorno condensato. Un innalzamento di 10 m costituisce una contropressione di 1 bar, quindi 1 m corrisponde alla contropressione di 0,1 bar.
3. Le resistenze per attrito dovute al flusso del condensato, dell'aria e del vapore di rievaporazione.

Linee comuni di ritorno condense

Se la tubazione comune di ritorno condense è adeguatamente dimensionata il convogliamento di un certo numero di scaricatori di condensa non è certamente fonte di problemi di funzionamento.
Bisogna però prestare attenzione ai collegamenti fra gli scaricatori e la tubazione di ritorno. Per esempio, derivazioni a T con T aperto (cioè con angoli maggiori di 90°) sono da preferire alle derivazioni perpendicolari (cioè con angoli a 90°) in quanto evitano erosioni dovute alle alte velocità del vapore di rievaporazione e del condensato in uscita da scaricatori specialmente quando lavorino con funzionamento a raffica (scaricatori a secchiello rovesciato o termodinamici)
Problemi possono invece sorgere quando il condensato venga scaricato in una tubazione di ritorno allagata, cosa abbastanza comune quando si effettua il drenaggio di tubazioni di vapore.



Condense provenienti da diverse pressioni e convogliate ad una linea di ritorno comune

Generalmente la tubazione servita dalla pompa di ritorno condense ha un percorso contiguo alla tubazione del vapore e quindi viene molto facile collegare l'uscita degli scaricatori a servizio della tubazione vapore, od anche altri, direttamente sulla tubazione del condensato. Poiché compito di ogni scaricatore di linea è quello di scaricare la condensa immediatamente senza consentirne il ristagno, si sceglie in genere un apparecchio che scarichi a temperatura uguale od il più vicino possibile alla temperatura del vapore.
Il condensato, alla temperatura di saturazione, genera il massimo del vapore nascente nella tubazione di ritorno condensato e poiché il vapore di rievaporazione possiede un volume relativamente grande spingerà violentemente la condensa presente verso lo scarico. Le bolle di vapore che vanno verso lo scarico collassano velocemente non appena vengono in contatto con il condensato a temperatura inferiore oppure con la parete più fredda della tubazione. Entrambi questi effetti portano alla formazione di **colpi di ariete.**
La soluzione migliore di questo problema è quella di evitare il collegamento diretto dello scaricatore alle tubazioni allagate e quindi convogliare condensato e vapore di rievaporazione nel punto più vicino di raccolta, come mostrato nella figura precedente.
Se questo non è praticamente possibile, una seconda soluzione può essere quella di usare scaricatori di tipo termostatico (per esempio a pressione equilibrata) che trattengono il condensato fintanto che non si sia sottoraffreddato. Naturalmente per evitare che parte della condensa permanga nella tubazione vapore è essenziale prevedere una capace tasca di raccolta costituita da un tronchetto avente diametro pari alla tubazione del vapore ed un tratto di collegamento allo scaricatore con tubo non coibentato lungo2-3 m. Il tubo di collegamento provvederà a contenere ed a raffreddare la condensa fino alla temperatura di

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

funzionamento dello scaricatore. Un'altra possibilità è quella di usare uno scaricatore a galleggiante la cui caratteristica è quella di assicurare uno scarico continuo più facilmente assorbibile senza ulteriori problemi dalla tubazione di ritorno condense anche se allagata ed a temperatura inferiore.
La contropressione riduce la portata dello scaricatore, e questo diviene evidente soprattutto con bassa pressione a monte; è inoltre importante ricordare che l'avviamento dell'impianto diventa più difficoltoso non soltanto per la minor capacità
di scarico ma anche per una notevole difficoltà nell'eliminazione dell'aria: si possono così avere sia problemi di regolazione sia colpi di ariete
per gli apparecchi d'utenza nei quali viene controllata la temperatura.

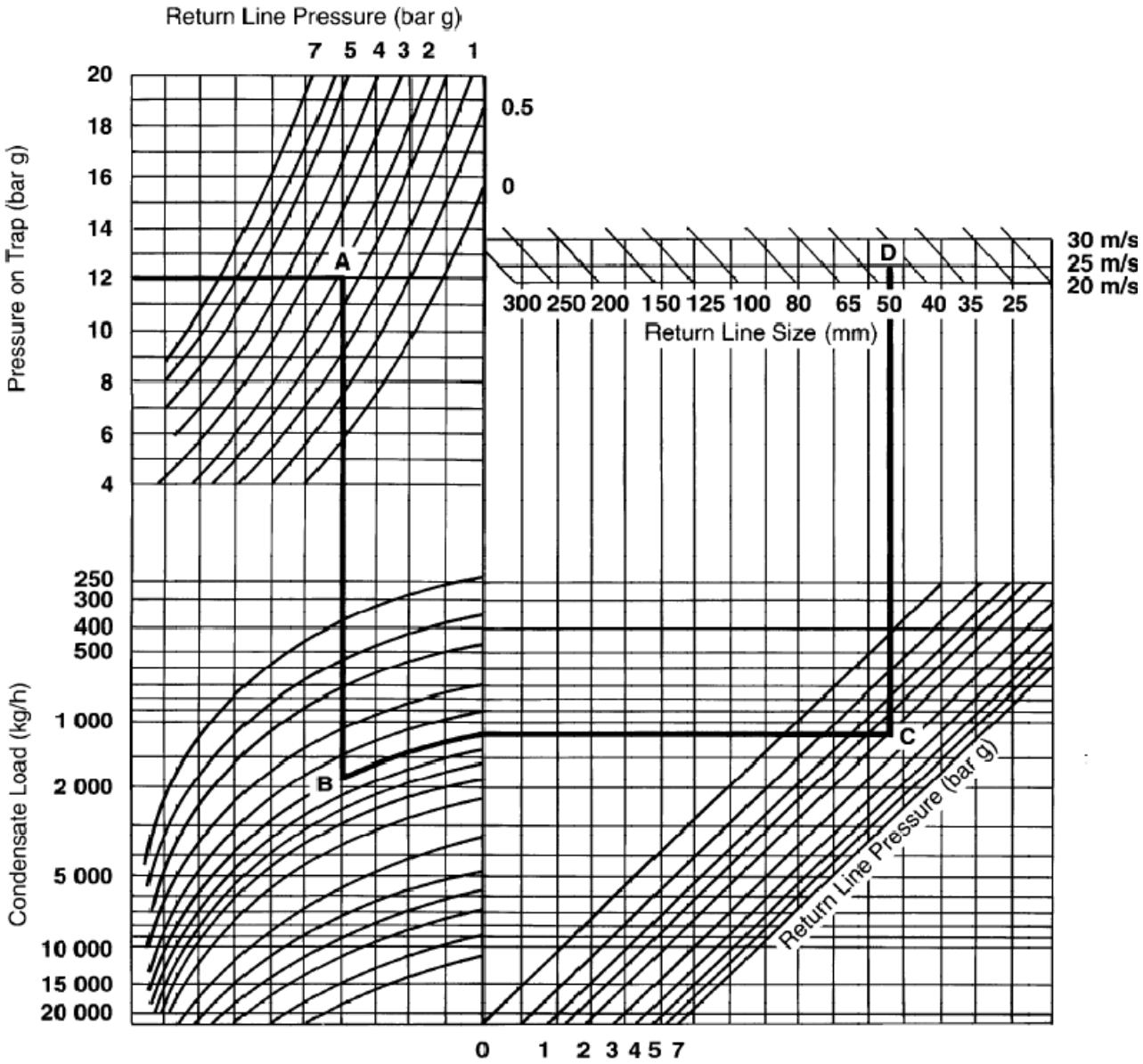
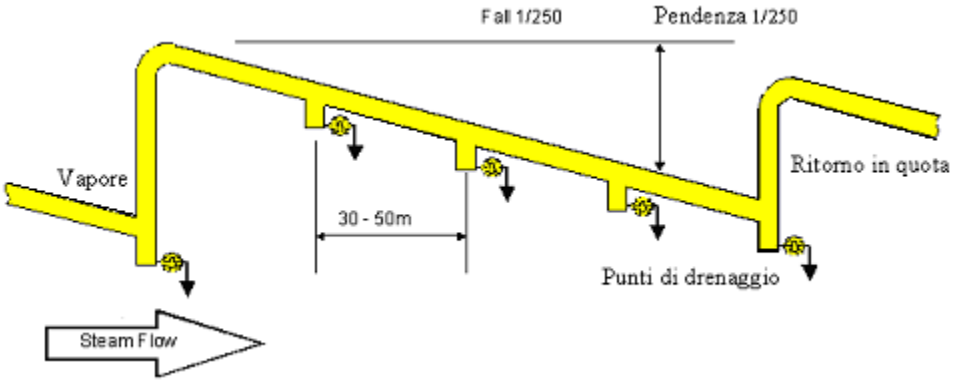


Diagramma per il calcolo delle tubazioni condensa

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

TUBAZIONI VAPORE

Nei punti più bassi, ovvero ad intervalli di circa 30-50 m di lunghe tubazioni "orizzontali", bisogna creare dei punti di drenaggio ed installare degli scaricatori di condensa.



Installazione di una lunga tubazione vapore

Punti di drenaggio

I punti di scarico costituiti da piccoli fori praticati sul fondo della tubazione vapore di grande diametro ai quali collegare la tubazione di scarico hanno un effetto limitato. Il film di condensa che scorre sul fondo è trascinato dal vapore oltre questi fori. Occorre predisporre dei tronchetti di scarico costituiti da raccordi a T di eguali dimensioni della tubazione principale che si dimostrano molto più efficaci. Essi sono di grande effetto pratico per tubazioni fino a 100 mm di diametro. Per tubazioni di diametro maggiore i tronchetti di scarico possono essere previsti di

Si dovrà inoltre assicurare una minima pendenza dei tubi in senso concorde al movimento del vapore in modo da facilitare il movimento del condensato verso i punti di drenaggio.

In alcuni casi, con tubazioni di una certa lunghezza, la pendenza necessaria impone degli abbassamenti progressivi di percorso non accettabili; si dovranno così prevedere dei punti di risalita in quota come indicato in figura.

Le pendenze utilizzate sono molto variabili e comprese in un campo tra il $3_0/^{00}$ e 1,5%; possonoessere variamente influenzate dal tipo e dal percorso della distribuzione: un valore medio standard suggerito è tra il 4 ed il $5_0/^{00}$. Con queste precauzioni si faciliterà il trascinamento del condensato verso i punti di drenaggio effettuato dal movimento del vapore lungo la tubazione due o tre misure più piccole fino a giungere a metà del diametro della tubazione principale per le tubazioni di oltre 200 mm di diametro. La lunghezza di questi tronchetti di scarico è generalmente 1,5 volte il diametro ma non inferiore a 200 mm anche con tubazioni di piccolo diametro. La figura dimostra come sia più efficace lo scarico di condensa con un tronchetto di scarico di grande diametro rispetto ad un tronchetto di piccolo diametro per il quale è evidente l'insufficienza allo scopo.

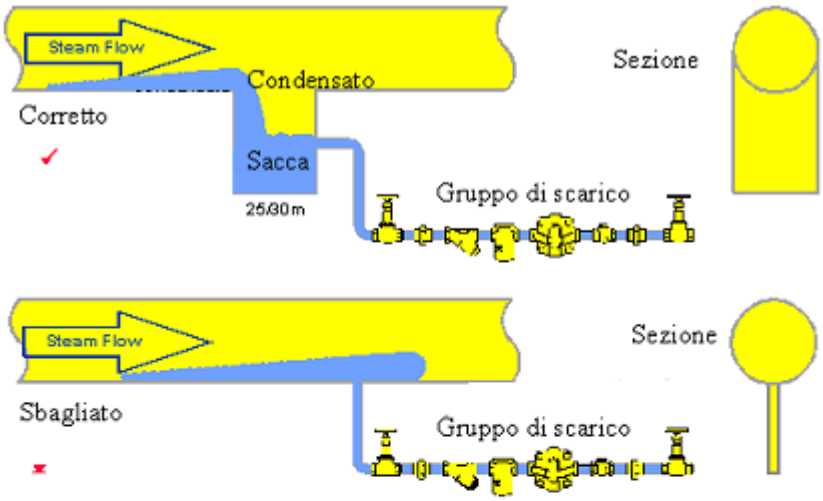
L'attacco per lo scarico della condensa è generalmente effettuato a 25/30 mm sopra il fondo del tronchetto di scarico per evitare il trascinamento di scorie nello scaricatore. Inoltre, il fondo del tronchetto può essere flangiato o chiuso con un fondello provvisto di tappo di spurgo. Questo consente alla manutenzione di provvedere alla rimozione delle scorie durante le fermate dell'impianto. Il tronchetto di scarico può anche essere usato per la pulizia e lo spurgo delle tubazioni dopo una fermata dell'impianto.

Riduzioni sulle tubazioni del vapore

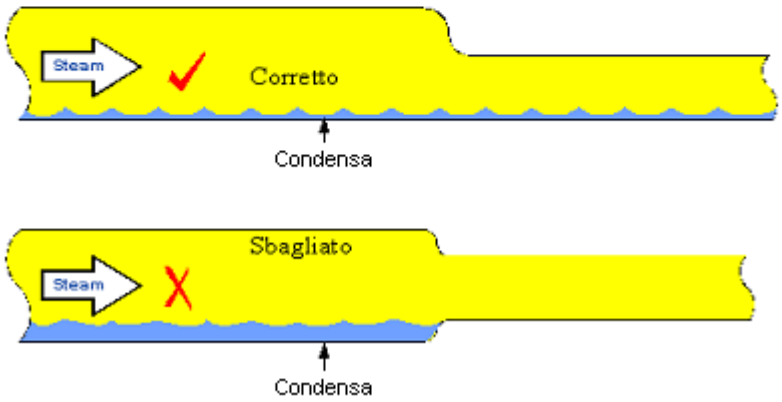
Dopo le derivazioni della linea principale e le relative riduzioni di portata del vapore associate, può risultare economico proseguire la linea principale con un diametro ridotto rispetto al precedente. Le comuni riduzioni concentriche non sono adatte allo scopo perché formano un ostacolo contro il quale si raccoglie il condensato. La figura mostra come sia preferibile usare una riduzione eccentrica in virtù della quale il condensato può proseguire naturalmente verso il punto di scarico.

Le derivazioni effettuate dalla parte superiore della tubazione principale permettono di prelevare vapore il più secco possibile. Se la derivazione fosse installata su un lato della tubazione o, peggio, sul lato inferiore essa diventerebbe punto di raccolta della condensa. Il risultato sarebbe quindi che l'apparecchiatura dell'impianto verrebbe alimentata con vapore umido.

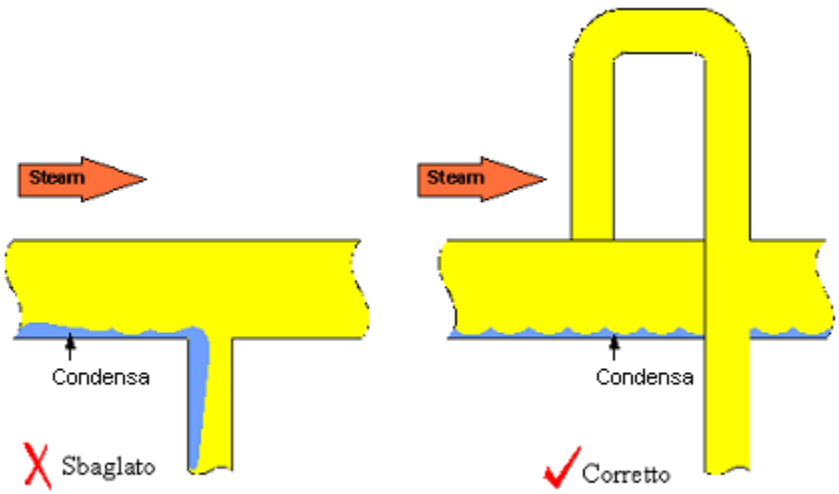
 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.



Tasche di raccolta condense



Riduzione di diametro su tubazioni vapore



Installazione di derivazione

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

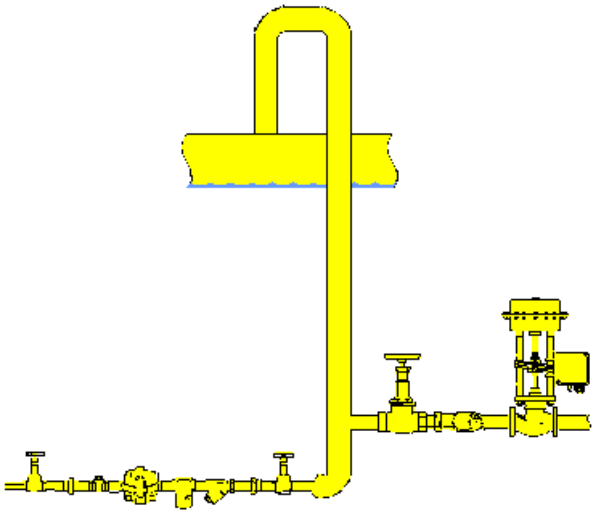
Le derivazioni effettuate dalla parte superiore della tubazione principale permettono di prelevare vapore il più secco possibile. Se la derivazione fosse installata su un lato della tubazione o, peggio, sul lato inferiore essa diventerebbe punto di raccolta della condensa. Il risultato sarebbe quindi che l'apparecchiatura dell'impianto verrebbe alimentata con vapore umido.

Derivazioni verso il basso

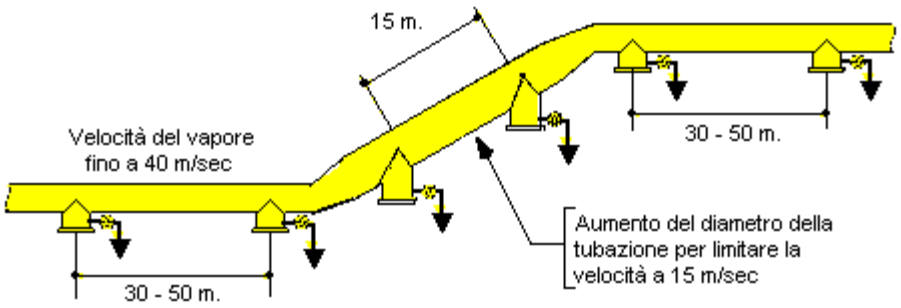
Ovviamente si possono avere punti bassi anche nelle linee derivate. La situazione più comune è uno stacco verso una valvola di intercettazione o di regolazione. Il condensato che si accumula a monte di queste valvole sarà, alla loro apertura, trascinato e si mischierà con il vapore.

E' pertanto necessario costituire un punto di drenaggio con relativo scaricatore automatico come mostrato dalla figura.

Si noti che la derivazione è stata effettuata dal punto superiore della tubazione principale; siccome l'acqua è più pesante rimarrà sul fondo della tubazione principale proseguendo il proprio cammino e sarà quindi derivato vapore il più secco possibile.



Corretta derivazione da una tubazione vapore



Installazione di una tubazione vapore con superamento di ostacoli

Percorrenze in salita

Non è infrequente dover installare una tubazione di vapore nel percorso della quale si incontrano ostacoli causati dalla conformazione del terreno, costruzioni o strutture da superare per cui non è possibile installare una tubazione orizzontale od in pendenza verso la direzione del flusso come precedentemente visto. Nei casi meno critici può essere sufficiente creare una
tubazione di raccordo verticale la cui altezza sia riferita al punto più alto da superare e di qui proseguire con pendenza verso il basso. Vi sono tuttavia casi in cui è solo possibile installare la tubazione con pendenza verso l'alto (piuttosto che verso il basso) in opposizione al flusso creato dal movimento del vapore. E' opportuno quindi mantenere bassa la velocità ed assicurarsi che la tubazione sia di diametro tale, almeno nella parte in pendenza, da limitare la velocità del vapore a non più di 15 m/s.

Similmente nel tratto in contropendenza anche la distanza tra due punti successivi di scarico della condensa dovrà essere ridotta a circa 15 m. Lo scopo è quello di evitare l'aumento di spessore della pellicola di condensato entro la tubazione fino al punto in cui il vapore, che si
muove in contro corrente, possa trascinare le gocce di condensato (come abbiamo visto succedere nel caso in cui vapore e condensato fluiscano nella medesima direzione).

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

IMPIEGHI TIPICI PER SCARICATORI DI CONDENSA
A = Scelta consigliata B = Scelta alternativa accettabile

IMPIEGHI	GALLEGGIANTE E TERMOSTATICO	SECCHIELLO ROVESCIATO	TERMO DINAMICO	A PRESSIONI EQUILIBRATE	BIME-TALLICO	GALLEGGIANTE E TERMOSTATICO+ ELIMINATORE INVASO VAPORE	GALLEGGIANTE + ELIMINATORE INVASO VAPORE
MENSE E COMUNITÀ							
Pentole di cottura fisse	A		B	B		B	B
Pentole di cottura rovesciabili				B		A	B
Pentole di cottura a piedestallo	B			A		B	B
RISCALDAMENTO OLII COMBUSTIBILI							
Serbatoi di stoccaggio		A	B				
Riscaldatori istantanei in linea	A	B					
Riscaldatori di presa (prelievo)	B	A					
Linee di tracciamento o incamiciate			B	A	B		
ATTREZZATURE OSPEDALIERE							
Autoclavi e Sterilizzatori	B	B		A		B	B
ESSICCAZIONE INDUSTRIALE							
Serpentine essiccazione (conformazione continua)	A	B		B	B		
Serpentine di essiccazione (conformazione a griglia		B		B	A		
Cilindri essiccatori	B	B				A	B
Essiccatoi a batterie a ranghi multipli	A	B		B			
ATTREZZATURE DI LAVANDERIA							
Presse per vestiti	B	B	A				
Presse piane e calandre	B	B	B	B		A	B
Gruppi di ricupero solventi	A	B	B				
Essiccatori a tamburo rotante	A	B				B	B
PRESSE DI STAMPAGGIO							
Presse a piani plurimi (connessioni parallele)	B	B	A				
Presse a piani plurimi (connessioni in serie)		B	A				
Presse stampaggio pneumatici	B	A	B				
ATTREZZATURE DI PROCESSO							
Reattori fissi	A		B	B		B	B
Reattori rovesciabili						A	B
Scambiatori per reattori birra	A	B				B	B

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

IMPIEGHI	GALLEGGIANTE E TERMOSTATICO	SECCHIELLO ROVESCIATO	TERMO DINAMICO	A PRESSIONI EQUILIBRATE	BIME-TALLICO	GALLEGGIANTE E TERMOSTATICO+ ELIMINATORE INVASO VAPORE	GALLEGGIANTE + ELIMINATORE INVASO VAPORE
Evaporatori	A	B				B	B
Vulcanizzatori	B	A					
RISCALDAMENTO AMBIENTE							
Scambiatori di calore	A	B				B	B
Pannelli e strisce radianti	A	B	B			B	B
Radiatori e convettori radianti	B			A	B		
Tubi alettati aerei	B						
DISTRIBUZIONE VAPORE							
Collettori di distribuzione	B	B	A	B			
Separatori	A	B	B	B			
Drenaggio antigelo				B			
SERBATOI E VASCHE							
Vasche di processo con innalzamento interno	B	B	A	B			
Vasche di processo con uscita dal basso	A	B	B	B			
Serbatoi con serpentini (riscaldamento veloce)	A	B		B			

PRINCIPALI TIPI DI SCARICATORI DI CONDENSA

Nella scelta delle caratteristiche degli scaricatori di condensa per le tubazioni di distribuzione vapore si devono tenere presenti tutti i vari aspetti inerenti l'installazione specifica.

Lo scaricatore è destinato a scaricare condensato alla temperatura di saturazione o ad una molto prossima, a meno che non si sia previsto il montaggio con lunghe tasche di raccolta e raffreddamento.

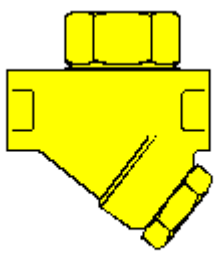
Ciò significa che la scelta del tipo di scaricatore è spesso fatta tra quelli di tipo meccanico quali quelli a galleggiante/termostatico od a secchiello rovesciato oppure tra quelli di tipo termodinamico.

Scaricatori di tipo termodinamico (TD)

Nei casi in cui le tubazioni principali sono installate all'esterno ed esiste quindi la possibilità di danni derivanti dal gelo, è conveniente la scelta di scaricatori di tipo termodinamico poiché anche se l'installazione è tale da lasciare del condensato nello scaricatore alla fermata dell'impianto ed anche nell'eventualità che questo condensato dovesse gelare lo

scaricatore può essere sgelato e posto in funzionamento senza danni o precauzioni particolari. Lo scaricatore di tipo termodinamico scaricherà più facilmente l'aria se installato con la testa di comando verso il basso, e se è previsto lo scarico per gravità, in questa posizione eliminerà più facilmente il condensato alla fermata dell'impianto. Gli svantaggi in questo caso sono inerenti alla pulizia del filtro, poiché vi è il pericolo che le sostanze

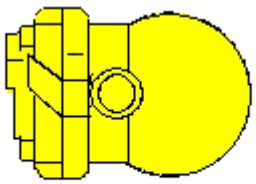
trattenute dal filtro ricadano nella tubazione, ed alla possibilità di maggiori usure del seggio poiché per richiudersi lo scaricatore necessita di una più alta velocità del fluido. E' quindi consigliabile l'installazione degli scaricatori nella posizione normale anziché quella rovesciata utilizzando modelli provvisti di dispositivi che ne potenziano la sensibilità all'aria che saranno particolarmente utili all'avviamento dell'impianto.



Scaricatore di Condensa Termodinamico

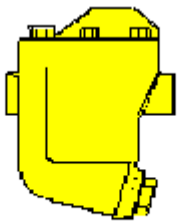
 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

Scaricatore a galleggiante sferico
Gli scaricatori di questo tipo utilizzano l'azione del galleggiante per azionare una valvola a spillo. Si è detto che il galleggiante può schiacciarsi o danneggiarsi a causa di eventuali colpi d'ariete, questo fenomeno è ormai abbastanza raro grazie all'impiego di materiali più adatti e ad una costruzione volta allo scopo. Gli scaricatori di questo tipo sono particolarmente adatti quali scarichi automatici di separatoriinstallati all'uscita delle caldaie od in linea su tubazioni vapore o per altri servizi.
Le alte capacità di scarico possibili e la quasi istantanea risposta alle variazioni di carico sono le caratteristiche apprezzate di questo tipo di scaricatore, la cui versatilità di applicazione è molto vasta, dagli scambiatori alle batterie di riscaldamento alle varie apparecchiature di processo, ecc.
La funzione dell'elemento termostatico nello scaricatore è di permettere lo scarico dei gas incondensabili contenuti nel vapore.



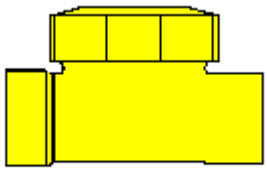
Scaricatore di Condensa a Galleggiante e Termostatico

Scaricatore a Secchiello Rovesciato
Per la loro robusta costruzione e specialmente per lunghe tubazioni di grande diametro ed in servizio continuo, gli scaricatori a secchiello rovesciato sono i più adatti allo scopo. Speciale attenzione va rivolta all'impiego di questi scaricatori su tubazioni vapore corte e di piccolo diametro poiché si potrebbero verificare condizioni di basso carico che portano alla perdita della condensa di tenuta, cosa che causa in definitiva perdite di vapore vivo. La figura mostra uno scaricatore tipicamente usato per lo scarico di condensa dalle tubazioni di distribuzione vapore.



Scaricatore di Condensa a Secchiello Rovesciato

Scaricatori di tipo termostatico
La figura illustra un tipico scaricatore di condensa termostatico a pressioni equilibrate. Questi apparecchi sono di piccole dimensioni, sono inoltre leggeri e, rispetto alla loro dimensione, hanno grande capacità di scarico. La valvola è completamente aperta a freddo permettendo quindi lo scarico dell'aria all'avviamento ed il massimo scarico di
condensato nel momento di maggior carico. Questo tipo di scaricatore non è soggetto a congelamento se montato all'aperto, a meno che la tubazione a valle non sia in risalita formando una colonna di condensa che allagherà lo scaricatore nel momento in cui il vapore verrà intercettato.



Scaricatore di Condensa Termostatico

Quale scaricatore per quale utilizzo
Per definizione gli scaricatori di condensa devono trattenere il vapore permettendo nello stesso tempo il passaggio dell'aria, di gas incondensabili e della condensa. I principali requisiti di un buon scarico della condensa sono già stati descritti e vale la pena ripetere che il rendimento dell'impianto è di somma importanza. Non è di alcuna utilità disporre di scaricatori che funzionino con la massima affidabilità se il rendimento dell'impianto diminuisce; non è certamente auspicabile il ridurre la manutenzione se questo provoca perdite del sistema o allagamenti e corrosione dell'impianto e tantomeno cali produttivi e/o di qualità.
Una tabella guida sui criteri di scelta per i vari tipi di scaricatori in funzione dell'utilizzo pubblicata nelle pagine precedentii e nel nostro catalogo generale "Vapore" e ulteriori informazioni legate al campo applicativo sono reperibili nel manuale "Steam trapping and air venting". Questo paragrafo intende evidenziare alcuni dei fattori importanti per la scelta dello scaricatore presupponendo che le esigenze di pressione, portata di condensa e spurgo dell'aria siano state affrontate fin dalla fase preliminare di scelta.

Colpo d'ariete
Il colpo d'ariete, qualunque sia la causa, può danneggiare gli scaricatori di condensa impedendone il loro regolare funzionamento. È quindi importante che questa possibilità sia riconosciuta e che lo scaricatore sia scelto conformemente.

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

Il colpo d'ariete si verifica quando un accumulo d'acqua presente nell'impianto viene trascinato ad alta velocità nelle tubazioni principali del vapore o nelle serpentine mal disposte oppure quando ci sia una linea di risalita dopo uno scaricatore di condensa. Anche quando la pressione del vapore sembra adeguata e sufficiente ad effettuare l'innalzamento, ciò può non avvenire all'avviamento o quando l'impianto da scaricare è soggetto all'azione di regolatori di temperatura. Anche lo scarico di condensa in una linea di ritorno servita da pompe può produrre il proprio tipico colpo d'ariete. Gli elementi termostatici a soffietto corrugato, caratterizzati da pareti molto sottili o flessibili e spesso utilizzati in scaricatori termostatici tradizionali o inseriti come eliminatori d'aria negli scaricatori a galleggiante, sono un componente chiaramente vulnerabile e danneggiabile dal colpo d'ariete. Il problema è stato risolto nei modelli che utilizzano capsule inox dal disegno particolare studiato come illustrato nelle nostre specifiche tecniche. I moderni scaricatori termostatici a pressioni equilibrate e gli scaricatori a galleggiante, che impiegano tali capsule unitamente a tutte le versioni a secchiello rovesciato sono in genere resistenti ai danneggiamenti da colpo d'ariete. Oltre a questi tipi, anche gli scaricatori termodinamici e i modelli termostatici a bimetallo offrono una particolare resistenza al colpo d'ariete.

Invaso di vapore

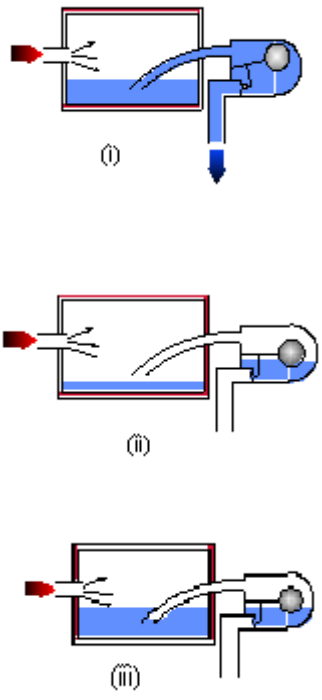
La possibilità di blocco dell'apparecchio da vapore può essere un fattore decisivo per la scelta del tipo di scaricatore di condensa da impiegare. L'invaso di vapore può verificarsi quando lo scaricatore viene installato lontano dall'impianto da scaricare e diventare notevole quando la condensa viene rimossa attraverso un tubo sifone o comunque immerso.Le figure mostrano la rimozione della condensa da un cilindro rotante di essiccazione.

In figura(i) a la pressione del vapore è sufficiente ad innalzare la condensa, attraverso il tubo sifone, fino allo scaricatore e alla rete di ritorno. La figura (ii) mostra cosa avviene quando il livello della condensa, sul fondo del cilindro, scopre l'estremità del tubo sifone: il vapore entra nel tubo sifone e causa la chiusura dello scaricatore che in questo caso è del tipo a galleggiante. Lo scaricatore rimane quindi bloccato dal vapore. La perdita di calore dal cilindro continuerà a produrre condensa che non potrà più raggiungere lo scaricatore. La figura (iii) mostra un consistente allagamento del cilindro che presto si tradurrà in un potere di essiccazione ridotto e in un aumento della energia richiesta per la rotazione del cilindro. In casi estremi il cilindro si riempie fino alla linea dell'asse e la situazione può causare gravi danni meccanici ai giunti rotanti e ai cuscinetti di supporto altre a perdita di produzione o difetti di lavorazione.

Concetto dell'Invaso di Vapore negli Scaricatori

Per risolvere questo problema lo scaricatore dovrà essere equipaggiato con un "eliminatore di invaso di vapore" o con una "unità combinata eliminatore d'aria/invaso di vapore". L'eliminatore di invaso è una valvola a spillo che permette lo scarico del vapore bloccato nel tubo sifone mediante by-pass della valvola principale. Il tipo a galleggiante è l'unico scaricatore con questo dispositivo ed è l'unica scelta per applicazioni così pesantemente caricate come i cilindri di essiccazione. La valvola a spillo viene regolata con apertura minima onde evitare perdite di vapore; si avrà quindi una capacità limitata di spurgo dell'aria a meno che non si impieghi il sistema congiunto con eliminatore d'aria.

Per questa ragione gli scaricatori di questo tipo sono spesso provvisti di spurgo dell'aria separato mentre in altri si combinano i due dispositivi per l'eliminazione del blocco del vapore e dell'aria. Chiaramente ciascun scaricatore che apra a intervalli in seguito alla perdita di calore dal corpo alla fine riesce a eliminare il blocco del vapore; tuttavia lo scarico risultante sarà irregolare ed erratico e il metodo risulterà accettabile solamente con utenze vapore piccole e non critiche.



ACCESSORI

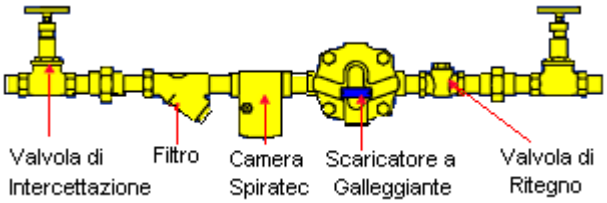
Gli impianti vapore, per essere installati in modo efficiente, necessitano di una vasta gamma di apparecchiature accessori, che includono:

- Valvole di intercettazione o di isolamento
- Valvole di ritegno o di non ritorno
- Filtri
- Separatori
- Eliminatori di aria
- Spie visive
- Unità spiratec di controllo funzionalità degli scaricatori.

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

Valvole di intercettazione o di isolamento.
L'isolamento di parte di un impianto è necessario per:
Manutenzione, riparazione o sostituzione.
Fermata dell'impianto
Deviazione dei fluidi
Blocco dei fluidi

Vari tipi di valvole di intercettazione usate sul vapore.
- Valvole a sfera
- Valvole a soffietto
- Valvole a farfalla
- Valvole a pistone
- Valvole di ritegno



Gruppo Completo di Drenaggio

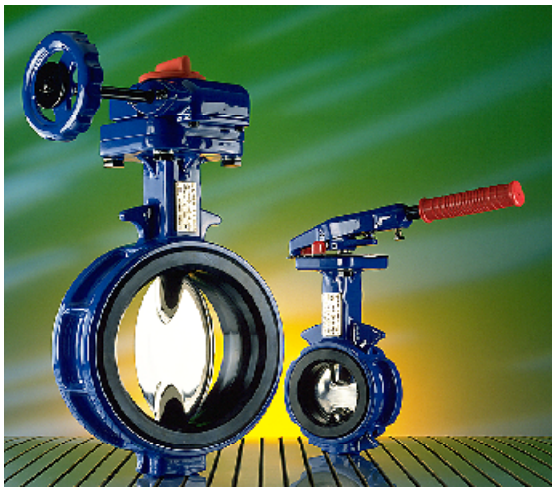
Valvole a Sfera
- Compatte e leggere, facile da installare
- Montaggio ISO, facile da automatizzare
- Alta qualità delle tenute sullo stelo-zero emissioni
- Manutenzione in linea per alcune versioni
- Leva di attuazione ergonomica
- Stelo a prova di esplosione-sicurezza operatore

Valvole a Sfera

Valvole con tenuta a soffietto
- Prevengono perdite sullo stelo
- Risparmio di energia
- Migliora la sicurezza
- Rispetta l'ambiente
- Minimizza la manutenzione

Valvole a Soffietto

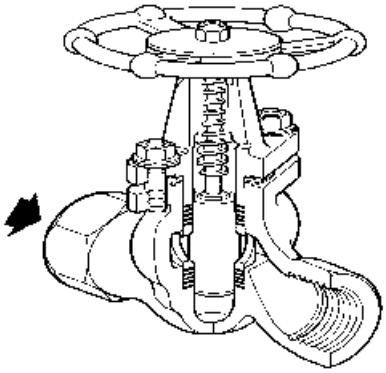
Valvole a farfalla
- Leggere e facilmente supportabili dalle tubazioni
- Compatte:occupano poco spazio sulle tubazioni
- Migliorano l'efficienza energetica in quanto permettono un facile isolamento.
- Minima caduta di pressione .
- Evitano l'accumulo di sporcizia e di incrostazioni.
- Semplice da manovrare.
- Lunga vita



Valvole a Farfalla

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

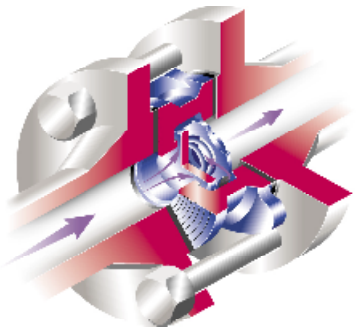
Valvole a pistone
La valvola con la sede facile da sostituire che ha un'ampia area effettiva di tenuta.



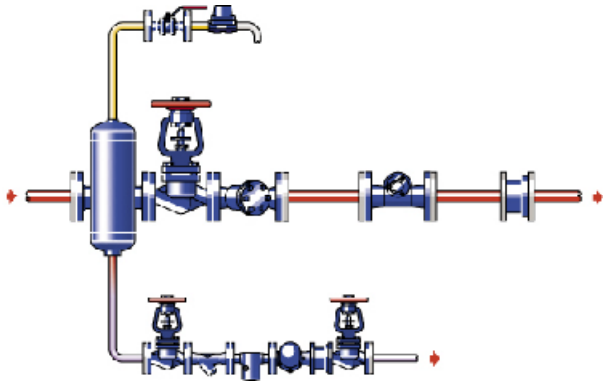
Valvole di ritegno
Le valvole di ritegno hanno la funzione
di prevenire il ritorno del flusso e sono usate per proteggere le apparecchiature che possono essere danneggiate dal ritorno di flusso. Sono anche utilizzate per verificare le sorgenti di pressioni associate con le forze idrauliche es. colpo di ariete.

Protezione dal ritorno di flusso

- Linee di processo
- Sistemi di riscaldamento
- Installazioni sprinkler
- Linee di oli
- Sistemi di acqua calda e fredda
- Linee vapore e condense

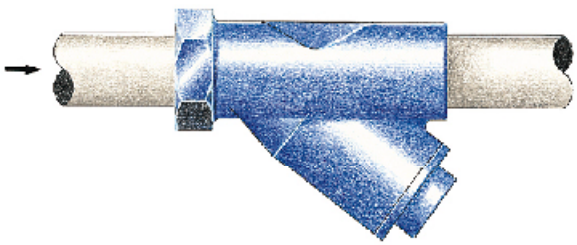


Valvola di Ritegno



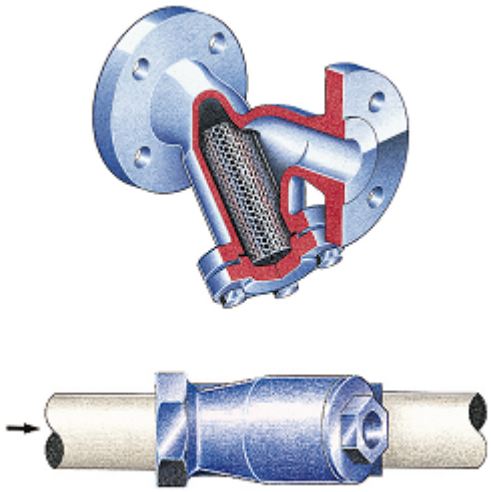
Protezione dei componenti di linea

Filtri
I filtri sono accessori necessari per proteggere le valvole di regolazione dall'ingresso di scorie e detriti. Come mostrato nella figura i filtri installati con il cestello di filtraggio inferiormente alla tubazione si riempiono di condensa specialmente quando le valvole di regolazione sono chiuse. L'apertura della valvola di regolazione, richiesta dalle variate condizioni di carico dall'apparecchio, provoca il trascinamento della condensa giacente nel filtro verso gli organi di otturazione della valvola stessa; la miscela condensa/vapore a queste alte velocità risulta molto erosiva e può quindi usurare la valvola e comprometterne la tenuta. È questo un vero e proprio fenomeno erosivo causato dalla presenza dell'acqua nel vapore che si muove ad altissima velocità tra sede ed otturatore. Questo fenomeno è esaltato in modo particolare
nelle valvole sovradimensionate e spesso è erroneamente imputato all'azione del vapore anziché al condensato. Ciò può essere evitato semplicemente montando il filtro rivolto non sotto la tubazione ma orizzontalmente. D'altro canto però se il vapore è molto umido causa punti di scarico insufficienti "l'erosione" può ugualmente avvenire.

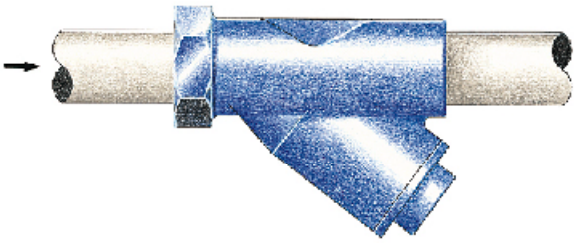


Filtro a Y

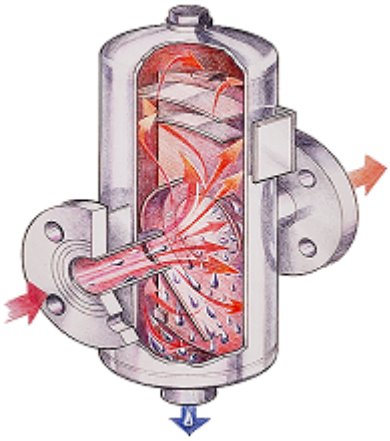
 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.



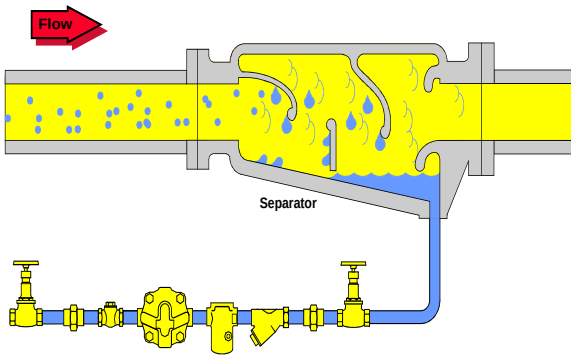
Tipica installazione Filtri su Gas e Vapore



Tipica installazione Filtri su Liquidi



Separatore di Condensa



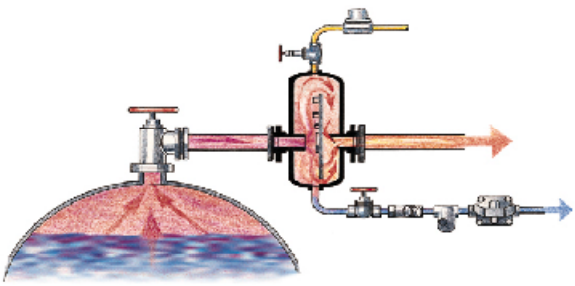
Tipica applicazione Separatore di Condensa

Separatore di Condensa

E' necessario fare alcune considerazioni sull'appropriato posizionamento ed allineamento delle tubazioni di derivazione e di servizio delle apparecchiature accessorie nonché sugli scarichi o gli sfoghi d'aria. Le tubazioni del vapore non sono un'eccezione.

Il vapore in uscita da una caldaia o da altro generatore è spesso più umido di quanto si creda, e nel caso che non si provveda all'eliminazione di questa condensa, nel punto d'utilizzo del vapore si avrà un fluido vettore con una più bassa capacità di scambio termico rispetto a quella che ci si aspetterebbe dal vapore saturo secco.

L'uso di un separatore per la rimozione della condensa è indispensabile ed è mostrato nella figura. Il dimensionamento dei separatori non è difficile in quanto generalmente si sceglie lo stesso diametro della tubazione sulla quale vanno installati. Il separatore deve essere corredato di uno scaricatore automatico di condensa di tipo meccanico, ad esempio a galleggiante, adeguatamente dimensionato.



Tipica installazione Separatore di Condensa uscita Vapore Caldaia

Eliminatori di Aria nei sistemi a fluidi liquidi

L'aria ed altri gas in condensabili debbono essere rimossi dai sistemi o linee che trasportano liquidi per assicurarne il corretto funzionamento.

La presenza di aria o gas nei circuiti possono:

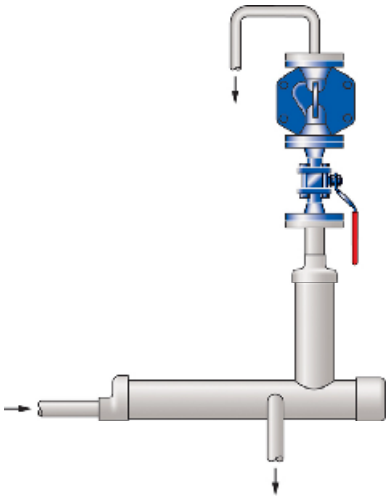
- Creare eccessivo rumore
- Promuovere la corrosione

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

- Creare blocchi al riempimento dei sistemi e problemi alle pompe di circolazione
- Creare una barriera al trasferimento del calore
- Influenzare misure e Regolazioni
- Aumentare i costi di manutenzione

In casi estremi può mettere l'impianto fuori servizio.

Eliminatori di aria manuali si possono usare in fase di avviamento ,ma dopo la loro utilità è trascurabile. L'aria ed il gas arrivano ad un punto di eliminazione dopo parecchio tempo .in posti inaccessibili per cui i sistemi manuali non sono molto consigliati.La risposta è data dai sistemi di eliminazione automatici

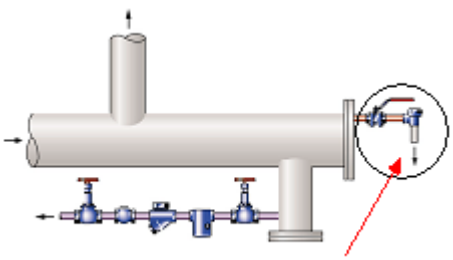


Eliminatore di aria nei circuiti di H_2O calda

Eliminatori di aria per i sistemi vapore.

L'obbiettivo di molti impianti vapore è di trasferire calore al prodotto da riscaldare.

La presenza di aria sulle superfici di trasferimento causa delle zone di temperatura più bassa che previene il trasferimento. Il riscaldamento sarà disuniforme influenzando la qualità dei prodotti trattati.La presenza di aria può bloccare gli scaricatori stimolando la corrosione e generando problemi di manutenzione. L'aria entra normalmente dopo una fermata dell'impianto quando il vapore è condensato e viene drenato.Gli eliminatori di aria devono essere installati nel punto più lontano rispetto all'entrata vapore perché è dove l'aria tende a concentrarsi.Devono essere installati nei punti più alti del sistema ed in tutti i punti critici.



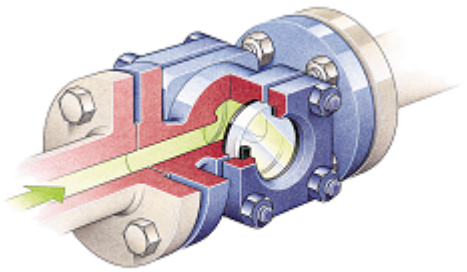
Eliminatori di Aria nei circuiti Vapore

Indicatori di Passaggio

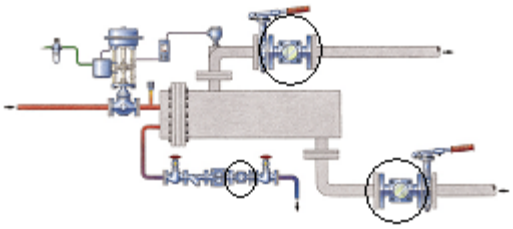
Ci sono due ragioni principali per usare gli indicatori di passaggio:

-Come indicatore di flusso, inserito in una tubazione per indicare che il flusso è corretto
- Per rilevare il bloccaggio di valvole, filtri, scaricatore o qualsiasi altro componente di linea che può ridurre l'efficienza e la sicurezza dell'impianto.

Altre funzioni importanti degli indicatori di passaggio (o spie visive) è quello di verificare se gli scaricatori di condensa funzionano correttamente; può inoltre essere utilizzati per verificare il colore di un prodotto ai vari stadi del processo produttivo, in modo da poter intervenire e fare i dovuti aggiustamenti.



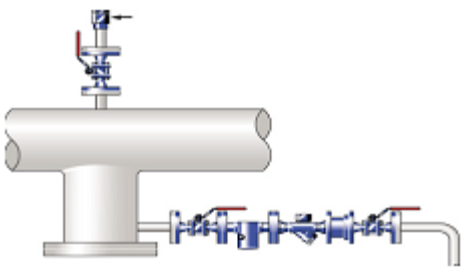
Indicatore di Passaggio



Applicazioni tipiche di Indicatori di Passaggio

Valvole Rompivuoto

Le valvole Rompivuoto proteggono le apparecchiature dal vuoto e permettono allo stesso tempo il drenaggio delle tubazioni e serbatoi.



Tipica applicazione di Valvola Rompivuoto

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

SCELTA E MONTAGGIO COMPENSATORI DI DILATAZIONE

INDICE

Argomento	Pagina
Compensatori di dilatazione	2
Varie tipologie di compensatori	3 - 5
Posizione dei punti fissi	6
Calcolo delle dilatazioni	6
Scelta compensatori	8
Calcolo delle spinte	10
Posizioni delle guide	11
Preallungamento compensatori	11
Esempio di calcolo	12 - 17
Tabella dilatazione delle tubazioni	18

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

COMPENSATORI DI DILATAZIONE

Prima di passare a descrivere nel dettaglio il tipo di impianto in esame trattiamo l'argomento relativo ai Compensatori di dilatazione.

L'importanza dei compensatori di dilatazione nella progettazione di reti di distribuzione di fluidi soggetti a forti escursioni di temperatura è nota a tutti i progettisti che operano nel capo degli impianti.

L'esteso impiego in ambiente industriale e la sensibile espansione dei compensatori a soffietto ci offre lo spunto per occuparci di questo argomento.

Prima di addentrarci nella parte applicativa, che è senz'altro quella che più interessa i tecnici, desideriamo esaminare le principali caratteristiche costruttive dei compensatori e fare una breve rassegna dei tipi che utilizzano per il loro movimento uno o più soffietti.

E' intuitivo che un soffietto, ossia un cilindro a pareti ondulante trasversalmente, sia facilmente allungabile o accorciabile ed, entro certi limiti, flessibile e come tale possa essere impiegato per assorbire le dilatazioni delle tubazioni in cui è inserito. Un giunto di questo tipo può svolgere la stessa funzione di un compensatore a omega (fig.1) o di un compensatore telescopico (fig.2), quest'ultimo costituito da due tubi di diverso diametro che possono scorrere l'uno entro l'altro.

I compensatori ad omega, a parte la difficoltà di costruzione, richiedono molto spazio applicativo all'esterno dell'asse naturale della tubazione,
(spazio che ovviamente aumenta con l'aumentare del movimento da assorbire, della pressione e della temperatura di esercizio) ed hanno limiti sensibili a causa delle tensioni che sorgono nel materiale a seguito della curvatura della tubazione.

I compensatori di tipo telescopico, d'altra parte, presentano problemi di tenuta delle guarnizioni e richiedono una manutenzione frequente e costosa.

I limiti di queste due alternative hanno favorito l'impiego e lo sviluppo dei compensatori a soffietto. Inizialmente venivano impiegati soffietti a grosso spessore, anzi si trattava di anelli saldati circonferenzialmente tra loro a formare un corpo molleggiante (fig. 3) che ovviamente richiedeva forze notevoli per la sua deformazione.

Fu successivamente sperimentato che, rullando accuratamente a freddo tubi di spessore sottile, si potevano formare dei soffietti facilmente comprimibili senza creare eccessive tensioni nel materiale. Oggi i soffietti vengono ottenuti sia meccanicamente mediante rullatura con due ruote opportunamente sagomate, che idraulicamente, esercitando altissime pressioni all'interno del tubo a sua volta contenuto in uno stampo matrice avente la forma voluta per il soffietto.

In alcuni casi, per aumentare la resistenza alla pressione e/o l'allungamento, nella gola delle anse vengono inseriti degli anelli di rinforzo come indicato nella fig. 4.

Il tubo di partenza è normalmente ottenuto da lamiera di spessore e materiale adatti, successivamente calandrata e saldata longitudinalmente.

Un importante sviluppo nella costruzione di soffietti fu l'introduzione delle esecuzioni multistrato

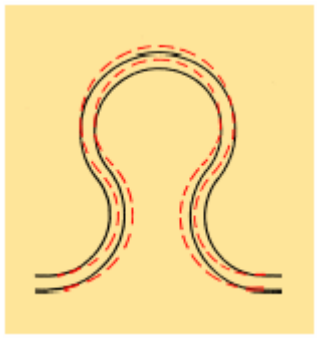


Fig.1

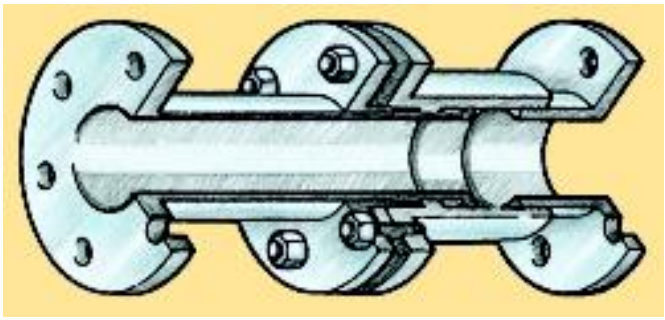


Fig. 2

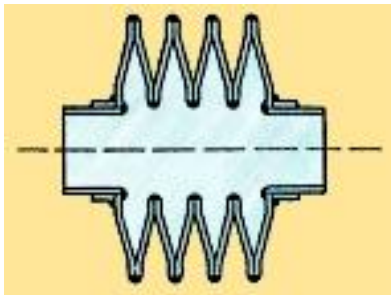


Fig. 3

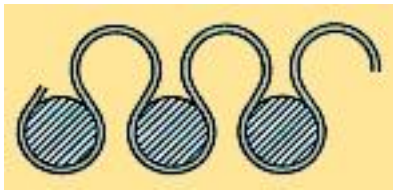


Fig. 4

Fig. 5

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

per la costituzione del corpo molleggiante.
In altre parole la parete del soffietto è costituita da due o più strati di spessore più sottile della corrispondente parete singola (fig. 5).
Si è trovato che, con questo tipo di costruzione, si ottiene una maggior flessibilità e quindi una minor resistenza al movimento assiale e/o laterale a parità di resistenza alla pressione interna e di movimento totale effettuato.
In esercizio il soffietto, a causa dei continui allungamenti e accorciamenti cui è sottoposto, tende a snervarsi per fatica. E' quindi importante conoscere il suo ciclo di vita ossia il numero di complete espansioni e contrazioni (corsa) che esso può sopportare prima del collasso. La vita del giunto è in stretta relazione con la pressione, con la corsa e la temperatura di impiego.
Nella figura 6 è rappresentata la relazione tra il numero dei cicli sopportabili e la corsa effettuata. Dal diagramma si vede che riducendo la corsa del 40% rispetto al massimo possibile, la durata del giunto aumenta notevolmente (da 1.000 a 41.000 cicli).
Nella figura 7 è invece rappresentata la relazione esistente tra la temperatura, la corsa e la pressione di esercizio. Dalla curva si rileva che aumentando la temperatura di esercizio occorre ridurre o la corsa o la pressione di impiego. La riduzione diventa impellente e notevole al di spora dei 500°C.
Un sistema sicuro per aumentare la durata del soffietto, a parità di corsa, sarebbe quello di aumentare il numero delle corrugazioni in modo che ciascuna di esse sia sottoposta ad un minor movimento ed a stress limitato.
Esistono tuttavia delle limitazioni dovute all'instabilità meccanica di un soffietto troppo lungo e dotato di un numero troppo elevato di corrugazioni.
Nella figura 8 è rappresentato un compensatore soggetto a deformazione anomala in seguito a compressione, a causa di un numero eccessivo di ondulazioni.
Come già anticipato, ha molta importanza la temperatura di esercizio. Per questo motivo, mentre per le esecuzioni normali i soffietti sono normalmente costruiti in acciaio inossidabile 18/8, per le temperature oltre i 500 °C vengono impiegate leghe o metalli speciali quali l'incoloy, il titanio e gli acciai inossidabili appositamente legati per stabilizzarne le caratteristiche alle alte temperature.
Per quanto riguarda la costruzione dei soffietti, particolare importanza ha l'esecuzione della saldatura longitudinale del tubo di origine, prima della formazione delle ondulazioni; tale saldatura deve essere eseguita in modo da non aumentare lo spessore di parete e nello stesso tempo senza ridurre localmente la resistenza rispetto la lamiera. Ciò può essere ottenuto soltanto impiegando macchine automatiche ed eseguendo severi e frequenti controlli di qualità che devono comprendere, oltre alle normali prove idrauliche anche prove di tenuta mediante gas alogeni, radiografie delle saldature, ecc.. Un'importante fattore da tenere in considerazione prima di acquistare un compensatore di dilatazione è la tecnologia impiegata nella sua costruzione dato che, trattandosi di un apparecchio "vivo", anche i più piccoli difetti di costruzione possono esaltarsi in tempi molto brevi durante l'esercizio.
Fatte queste premesse di carattere generale, possiamo ora passare brevemente in rassegna i vari tipi di compensatori di dilatazione disponibili in commercio esaminandone il campo di impiego.

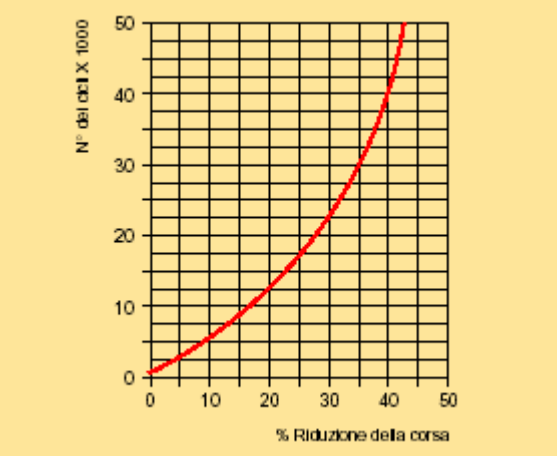


Fig. 6

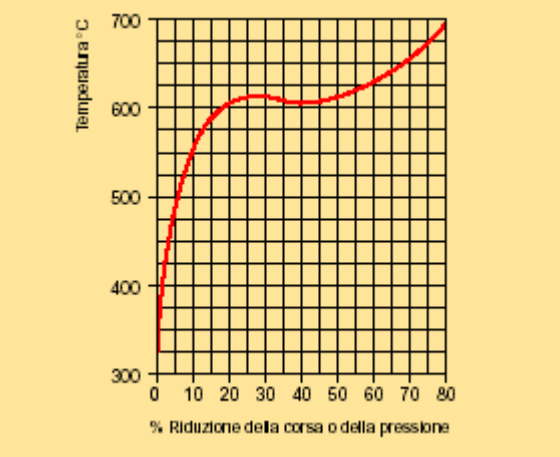


Fig. 7

Compensatori Assiali (fig. 9). Sono previsti per assorbire movimenti sia di allungamento (trazione) che di accorciamento (compressione) esclusivamente lungo l'asse longitudinale del soffietto.
La corsa disponibile è normalmente specificata come ± rispetto alla lunghezza libera che è quella del compensatore, a freddo, prima del suo inserimento nella tubazione. Ciò significa che il soffietto può accorciarsi e allungarsi dello stesso ammontare rispetto alla sua lunghezza base iniziale.
Per tanto per utilizzare tutto il movimento del compensatore, una volta noto in quale direzione

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

esso si manifesterà, occorrerà effettuare l'installazione con una pretensione o una precompressione che sarà funzione della temperatura a cui viene fatta l'installazione e delle escursioni di temperatura che la linea subirà prima, durante e dopo l'esercizio.
Un errore nella valutazione della corretta lunghezza di montaggio può

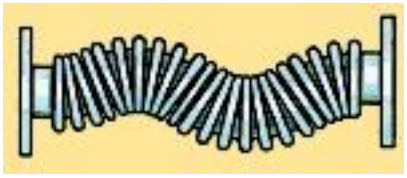


Fig. 8

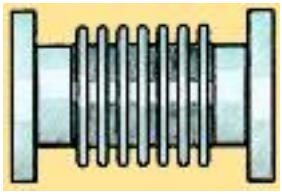


Fig. 9

Fig. 10

compromettere la durata del soffietto o addirittura provocarne la rottura al momento della messa in esercizio. Altri punti importanti per il corretto funzionamento dei compensatori assiali e quindi per la loro durata, sono le guide della tubazione che dovranno fare in modo che il movimento avvenga solo lungo l'asse del soffietto. Altrettanto importanti sono gli ancoraggi che assicurino che la dilatazione avvenga solo nella direzione voluta.
I compensatori assiali sono normalmente disponibili con estremità a saldare di testa ma possono essere forniti, a richiesta, anche con attacchi a flangia.

Compensatori Assiali Autoguidati
(fig. 10).
Si tratta di compensatori simili ai precedenti ma studiati per applicazioni negli impianti di riscaldamento e di condizionamento e con limitazioni di diametro e movimento. Come si può vedere dalla figura, sono provvisti sia di una guida interna che di una guida esterna che assicurano e facilitano il montaggio con il perfetto allineamento degli attacchi. Vengono inoltre costruiti e confezionati con un certo preallungamento e tenuti in posizione mediante una vite di blocco in modo da mantenere la giusta lunghezza di montaggio (pretensione) che assicuri lo sfruttamento di tutta la corsa disponibile.
Una volta montato il giunto e fissata la tubazione, viene tolta la vite di fermo per consentire il libero movimento della tubazione al variare della temperatura.
In casi eccezionali, quando si prevede che la temperatura della linea scenda notevolmente rispetto a quella di montaggio prima che l'impianto entri in esercizio, può essere necessario modificare il preallungamento di fabbrica. **Compensatori Assiali a Pressurizzazione Esterna** (fig. 11). Vengono impiegati per assorbire movimenti assiali rilevanti in reti ad alta pressione.
La pressione di linea è applicata all'esterno del soffietto attraverso una fessura tra uno dei tronchetti di estremità e la guida esterna cui è saldato il soffietto. Una cassa esterna, capace di resistere alla pressione di linea, contiene il soffietto cui è saldato all'estremità opposta. A parità di spessore i soffietti sopportano pressioni maggiori.
Compensatori Universali (fig. 12). Sono ottenuti unendo due soffietti mediante un tratto di tubo centrale. Poiché la loro caratteristica principale è quella di poter assorbire movimenti sia assiali che laterali, essi vengono impiegati quando i movimenti laterali, cioè perpendicolari all'asse della tubazione, possono diventaresensibili.
Devono però essere impiegati in sistemi a bassa pressione quali condotte per gas di scarico da turbine, da motori diesel, ecc... **Compensatori Universali a Spinta Eliminata** (fig. 13).
Nelle reti a pressioni medie alte dove è necessario limitare la spinta sulle tubazioni, i compensatori universali vengono provvisti di due o più tiranti aventi le estremità a snodo sferico alloggiato nelle flangie.
I tiranti, mantenendo costante la lunghezza del compensatore, assorbono completamente la spinta esercitata dalla pressione evitando che si trasmetta alle tubazioni adiacenti.
Giunti così fatti sono adatti ad assorbire solo movimenti laterali il cui ammontare dipende dalla lunghezza del tratto di tubo intermedio. Quando siano provvisti solo di due tiranti, sono possibili anche movimenti angolari rispetto alle due flangie di estremità.

Compensatori Angolari Semplici (Hinged) (fig. 14).
I compensatori di questo tipo sono adatti ad assorbire movimenti angolari in un solo piano mediante deformazione angolare del soffietto. I perni della cerniera assorbono la spinta esercitata dalla pressione per cui questi compensatori sono particolarmente adatti quando non è possibile realizzare guide e punti di ancoraggio sufficientemente robusti. Per consentire movimenti su piani combinati i compensatori angolari vengono normalmente impiegati a coppie.

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

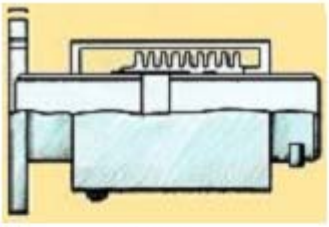


Fig. 11

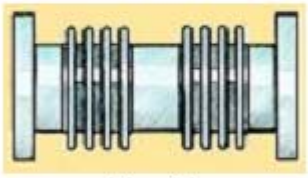


Fig. 12

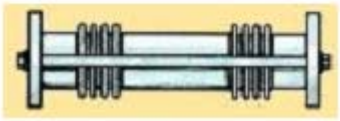


Fig. 13

Compensatori Angolari Doppi
(fig. 15).
Sono costituiti da due giunti angolari semplici, uniti tra loro da due tiranti che tengono uniti i perni delle cerniere. Anche in questo caso viene eliminata ogni spinta sulle tubazioni adiacenti. La dilatazione del tratto di tubo intermedio è assorbita dai due soffietti.
Il movimento del complesso è di tipo angolare in un solo piano ma la deformazione dei due soffietti può avvenire anche in sensi opposti.
Compensatori Angolari Sferici, Gimbal (fig. 16).
Volendo ottenere movimenti angolari in qualsiasi piano si impiegano i compensatori angolari sferici costituiti da due giunti angolari semplici i cui perni, ortogonali fra loro, sono fissati ad un anello comune. Anche in questo caso ogni spinta verso le estremità, causata dalla pressione, è eliminata essendo sopportata dalle cerniere e dall'anello centrale.
Come nel caso dei giunti angolari semplici, anche i compensatori angolari sferici vengono impiegati a coppie in modo da consentire movimenti laterali della rete in qualsiasi piano.
Compensatori a Spinta Compensata (fig. 17).
Uno dei più importanti problemi da superare, quando si ha una concomitanza di alta pressione ed elevati diametri di tubazioni è che i compensatori a soffietto devono essere opportunamente guidati e ancorati.
Esistono però casi abbastanza frequenti in cui gli ancoraggi non possono essere costruiti con la robustezza richiesta, ad esempio per la presenza di macchinari che non possono sopportare le spinte dovute alla presenza dei compensatori, oppure casi in cui il movimento in più piani rende problematica la determinazione dei punti fissi.
Si ricorre allora ai compensatori autobilanciati che sono realizzati in modo da eliminare la spinta dovuta alla pressione interna.
Uno dei compensatori autobilanciati più comunemente usato è quello rappresentato nelle fig. 17 e 18.
In questo caso l'effetto della pressione di linea è bilanciato mediante un soffietto cieco B, in comunicazione con la tubazione, applicato all'esterno di una curva e collegato, mediante una coppia di tiranti, alla estremità opposta del soffietto A che è quello che deve assorbire i movimenti del sistema.
Mediante i tiranti, ogni spinta sulle tubazioni è completamente eliminata e il soffietto A può assorbire sia movimenti assiali che laterali.
Proseguiremo nel prossimo numero l'esame con la determinazione dei punti di ancoraggio e di installazione dei giunti ed il calcolo delle dilatazioni di linea ed assorbibili dai giunti.

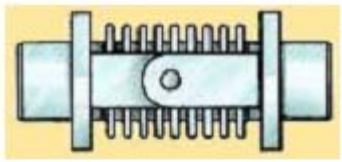


Fig. 14

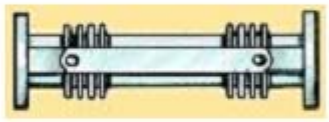


Fig. 15

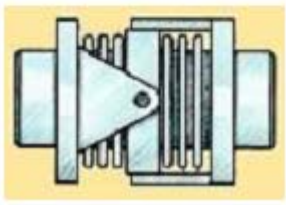


Fig. 16

Esamineremo ora, in maggior dettaglio, la metodologia di scelta e di impiego dei compensatori assiali, che sono in assoluto i più usati negli impianti termici industriali.
La procedura che consigliamo di seguire per la progettazione di un sistema che preveda l'impiego dei soli compensatori di dilatazione assiali è la seguente:

1) Stabilire la posizione dei punti fissi dei compensatori.
2) Calcolare le dilatazioni di ciascun tratto considerato.
3) Scegliere i compensatori basandosi sui dati forniti dal costruttore.
4) Calcolare le forze esercitate sui punti fissi.
5) Stabilire la posizione delle guide.

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

6) Calcolare il preallungamento per il montaggio dei compensatori.

Una volta completati i calcoli elencati, si avranno tutti gli elementi necessari per il disegno esecutivo del sistema e per la sua realizzazione.

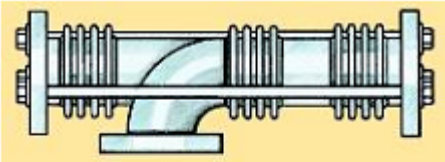


Fig. 17

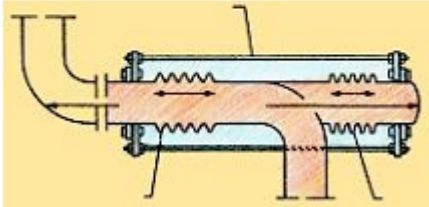


Fig. 18

1. Posizione dei punti fissi e dei compensatori

Innanzitutto occorre tenere presente che i compensatori assiali possono assorbire esclusivamente movimenti rettilinei che avvenganolungo il loro asse longitudinale; in altre parole essi non possono subire alcuna flessione o torsione. La prima norma che ne consegue è che i compensatori vanno inseriti solo in tratti di tubazione rettilinei opportunamente ancorati alle estremità e guidati in punti intermedi, in modo che il movimento dovuto alle variazioni di temperatura avvenga solo lungo l'asse longitudinale. Quindi, data una rete avente una configurazione qualsiasi, occorre suddividerla in tanti tratti rettilinei prevedendo punti d'ancoraggio alle estremità, in corrispondenza di variazioni di diametro ed eventualmente nei punti di derivazione vincolanti.

Regola importante da osservare è quella di inserire un **solo compensatore** in ogni tratto compreso **tra due punti fissi.**

In teoria la posizione dei compensatori in ciascun tratto rettilineo può essere una qualsiasi compresa tra i due punti fissi; in pratica però si preferisce una delle seguenti condizioni:

a) nella immediata vicinanza di un punto fisso,

b) al centro del tratto rettilineo. La prima soluzione, illustrata nella figura 19, è consigliabile quando nel tratto considerato non esistano derivazioni per cui il movimento dovuto alle dilatazioni può avvenire tutto in un senso.

In tale caso il compensatore è fissato ad una distanza di 1÷2 diametri dall'ancoraggio per limitare il numero di guide intermedie. Saranno invece necessarie una o più guide nel tratto compreso tra il compensatore e l'altro punto fisso.

La seconda soluzione è invece consigliabile quando esistano delle derivazioni secondarie che possono subire spostamenti limitati.
(vedere fig. 20).

Mettendo il compensatore al centro, i movimenti a causa delle dilatazioni, avverranno nei due sen- si e di conseguenza gli spostamenti delle der ivazioni saranno più contenuti. La tubazione dovrà essere guidata in entrambi i tratti compresi tra il compensatore e i due punti fissi.

Nei casi in cui le derivazioni non possono subire spostamenti, occorrerà prevedere dei punti fissi anche in corrispondenza di ciascuna di esse.

Quando il tratto rettilineo tra due ancoraggi principali è molto lungo e tale da richiedere l'inserzione di più compensatori, occorrerà prevedere dei punti fissi intermedi che dividano il tratto in par ti aventi lunghezza proporzionale al movimento assorbibile da ciascun compensatore.

Ad esempio un tratto di tubazione di 120m avente una dilatazione totale di 265 mm potrà essere diviso, mediante due punti fissi intermedi, in tre tratti: due della lunghezza di 48 m e uno della lunghezza di 24 m.

Gli allungamenti di ciascun tratto saranno di 106, 106 e 53 mm rispettivamente.

Due dei tre compensatori potranno essere installati nelle immediate adiacenze di un punto fisso intermedio mentre il terzo potrà essere installato in vicinanza del secondo punto fisso intermedio o di uno dei punti fissi principali.

Per le guide vale quanto detto per i casi precedenti.

In qualche caso la posizione dei punti fissi può essere condizionata da fattori esterni quale la impossibilità pratica di realizzare gli ancoraggi per insufficiente robustezza delle strutture, presenza di macchinar i, necessità di zone libere, presenza di altre tubazioni, ecc., ragioni per cui può rendersi necessaria, in sede di progetto, la modifica dell'intera rete o di parte di essa.

Ovviamente data l'enorme casistica di situazioni, non è possibile stabilire delle regole specifiche ed universali, tuttavia riteniamo che il fattore più limitante sia il valore delle spinte esercitate sui punti fissi come meglio illustreremo più avanti.

Nella figura 21 è rappresentato un esempio di scelta dei punti fissi e di posizione dei compensatori assiali per una rete di distribuzione vapore.

2. Calcolo delle dilatazioni

Ci si può servire del diagramma di figura 22 che consente di determinare gli allungamenti (o accorciamenti) espressi in mm/10 m per i più comuni tipi di materiale e per temperature comprese da –50 °C e +400 °C.

In tale diagramma si è fissato come temperatura di riferimento (cioè con allungamento nullo) il valore di 0 °C. Le temperature da prendere in considerazione per calcolare le dilatazioni che i

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

Fig. 19

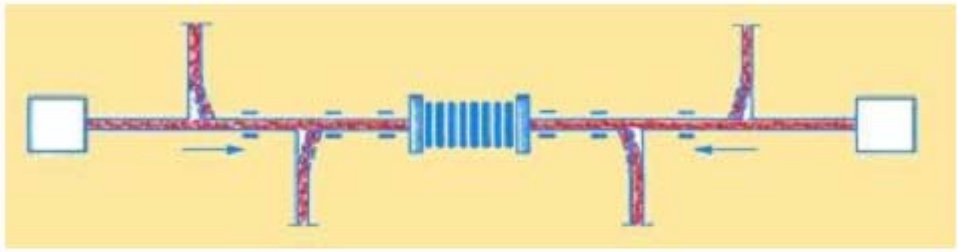


Fig. 20

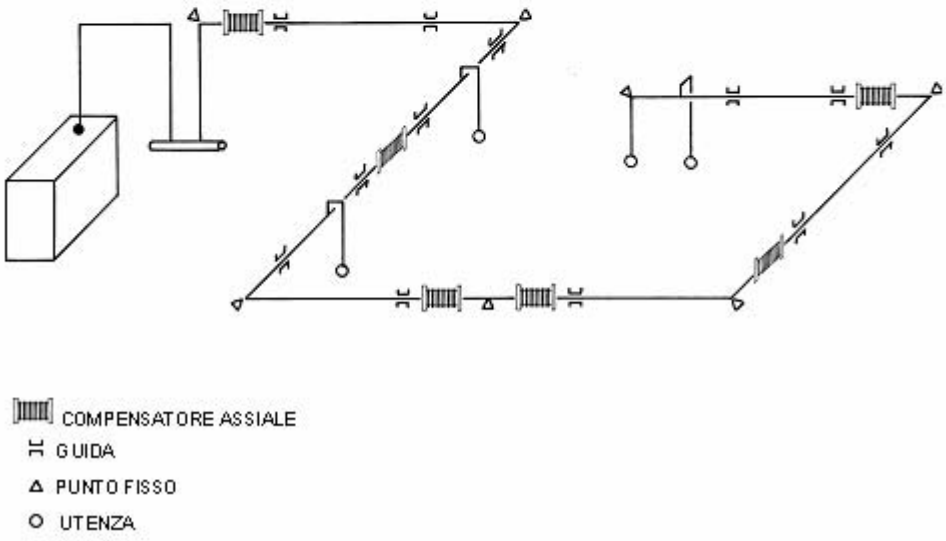


Fig. 21

compensatori dovranno assorbire sono quella massima di esercizio o di progetto del fluido passante nelle tubazioni(eventualmente aumenta del 5% ÷10% per tenere conto di possibili future necessità) e quella minima ambiente raggiungibile o durante l'esercizio con impianto fermo o durante il montaggio (di queste due ultime usare la minore).

Esempio: si debba calcolare la dilatazione di un tratto di tubazione in acciaio al carbonio della lunghezza di 53 m, percorsa da vapore surriscaldato alla temperatura massima di 330 ° C ed installata in un ambiente che potrà r aggiungere una temperatura minima di –10°C.
L'allungamento a 330°C risulta essere 41,4 mm/10 m mentre a–10 °C l'accorciamento risulta di1,5 mm/10 m.
Il movimento totale che il compensatore dovrà essere in grado di assorbire risulta pertanto:

$$\Delta l = \frac{53}{10} [41{,}4 - (-1{,}5)] = 227{,}4 \text{ mm}$$

Nel caso di impianti di refrigerazione o cr iogenici occorrerà prendere in considerazione la minima temperatura di esercizio o di progetto del fluido passante nelle tubazioni e la massima temperatura che si potrà verificare in ambiente a impianto fermo o in montaggio.
Esempio: calcolare l'allungamento di una tubazione in acciaio al carbonio lunga 45 m, percorsa da salamoia a -15°C e installata in un ambiente che può raggiungere una temperatura di +40°C. L'allungamento a +40°C è di
4,7 mm/10 m mentre l'accorciamento a –15°C risulta 2,3 mm/10 m Il movimento totale risulta pertanto:

$$\Delta l = \frac{45}{10} [4{,}7 - (-2{,}3)] = 31{,}5 \text{ mm}$$

Per evitare problemi di lettura dei diagrammi, i dati

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

relativi alle dilatazioni sono disponibili anche in forma tabulare.

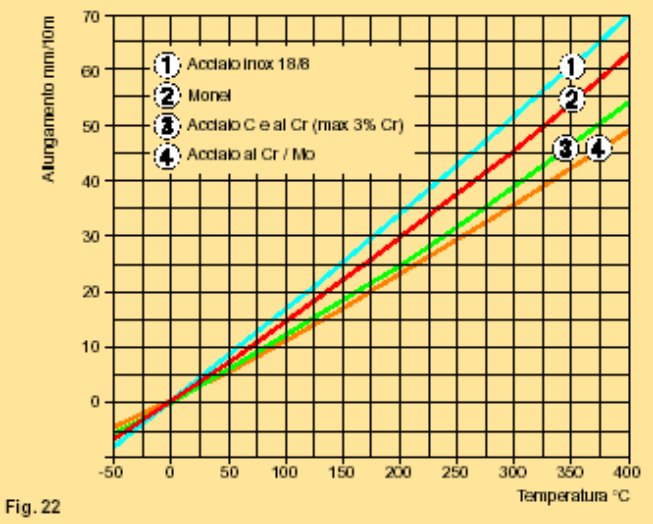


Fig. 22

3. Scelta del compensatore

I dati che occorre conoscere per selezionare correttamente il compensatore assiale sono:

a) pressione massima di esercizio b) pressione massima di collaudo dell'impianto
c) temperatura massima di esercizio e di progetto
d) movimento (o corsa) da assorbire
e) durata da garantire in cicli
f) diametro della tubazione
g) materiale del soffietto e/o degli attacchi.

Conoscendo con esattezza questi dati, sarà possibile effettuare un confronto con quelli forniti dal costruttore per poi introdurre le eventuali correzioni e procedere quindi alla scelta.
La tabella A riporta, a titolo di esempio, i dati forniti per i compensatori assiali della serie AR 16 Spirax-Sarco. **La pressione massima di esercizio** non deve mai superare quella nominale dichiarata dal costruttore e in alcuni casi, come spiegheremo in seguito, deve anche essere inferiore a tale limite per tenere conto della temperatura.
Anche **la pressione di collaudo** della linea in cui sarà inserito il compensatore deve essere tenuta presente, pena la possibilità di danni irreversibili al soffietto del compensatore. Il limite di 1,5 volte la pressione nominale, previsto per i compensatori Spirax Sarco, è normalmente sufficiente perché rientra nella norma e nelle consuetudini di collaudo; tuttavia, nel caso esso dovesse essere superato, occorrerà ricorrere a compensatori di classe superiore
(ad esempio della serie 25 anziché
16, ecc.) o di tipo speciale.
La temperatura di esercizio massima è dichiarata dal costruttore ed anche essa deve essere rigorosamente rispettata. I dati tecnici caratteristici sono in genere riferiti ad una temperatura media di impiego che non corrisponde però al limite massimo di utilizzo.
I compensatori Spirax-Sarco della serie AR possono essere impiegati fino a 300 °C garantendo le prestazioni indicate nelle tabelle pubblicate sui cataloghi.
Il limite massimo di impiego, però, è di 550°C; volendo quindi impiegare i giunti a temperatura superiore ai 300°C, sarà necessario introdurre dei parametri correttivi per ridurre sia il movimento che la pressione di esercizio; allo scopo ci si servirà del diagramma della fig. 23.
L'uso è molto semplice. Tracciare l'orizzontale in corrispondenza della temperatura di esercizio, fino ad incontrare la curva e successivamente la verticale, a partire dal punto di intersezione. Sull'asse delle ascisse si leggerà il coefficiente di riduzione

Esempio:
Determinare la pressione massima ammissibile e il movimento assorbibile di un compensatore AR 16/ 100/60 funzionante a 400°C.
I limiti di impiego rilevabili dalla specifica tecnica sono pressione
16 bar e movimento massimo di
100 mm.
Dal diagramma si ricava che il coefficiente di correzione per una temperatura di 400°C è 0,975 per cui la pressione massima di esercizio risulterà
Pmax = 16 • 0,975 =15,6kg/cm^2
e il movimento massimo =
60 • 0,975 = 58,5 (Δ 29,25mm).
Se il limite della pressione così ridotto risultasse inferiore alla pressione di esercizio desiderata, occorrerà impiegare un compensatore di classe superiore (ad esempio PN25 anziché PN16 e così via).

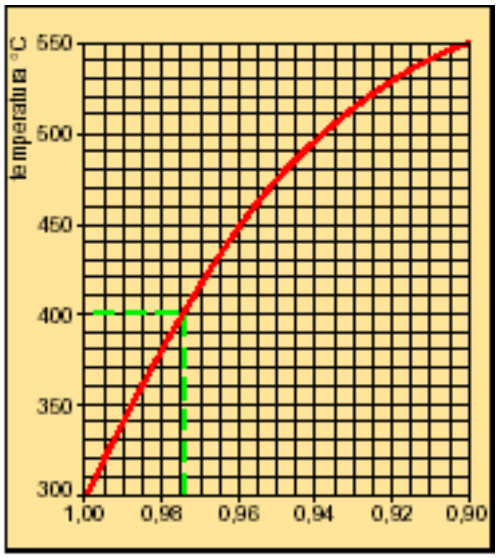


Fig. 23 – Coefficiente di riduzione del movimento e della pressione di esercizio in funzione della temperatura

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

DN	MODELLO	Movimento		Lunghezza libera		Tubazione		Diametro esterno soffietto mm	Sezione effettiva cm²	Carico specif. deformazione assiale kg/mm
		± mm	Totale mm	Attacchi Flangiati	Attacchi A saldare	Ø esterno mm	Spessore mm			
40	AR 16/40	19 30	38 60	220 290	210 280	48,3	2,6	60	23	11,1 6,5
50	AR 16/50	20 30	40 60	240 310	230 300	60,3	2,9	85	39	8,1 4,9
65	AR 16/65	22,5 35	45 70	250 325	240 315	76,1	2,9	100	57	13,5 8,0
80	AR 16/80	15 25 50	30 50 100	255 285 415	245 275 405	88,9	2,9	115	79	14,3 14,3 7,1
100	AR 16/100	15 30 55	30 60 110	255 285 415	245 275 405	114,3	3,7	145	129	21,8 21,8 10,9
125	AR 16/125	15 30 55	30 60 110	280 325 460	270 315 450	139,7	4,0	180	193	24,4 18,9 10,3
150	AR 16/150	15 30 55	30 60 110	280 325 460	270 315 450	168,3	4,5	205	268	29,5 22,3 12,2
175	AR 16/175	15 30 55	30 60 110	310 345 475	295 330 460	193,7	5,5	240	360	45,7 32,6 18,2
200	AR 16/200	15 30 55	30 60 110	310 345 475	295 330 460	219,1	6,0	265	450	51,7 36,5 20,3
250	AR 16/250	15 30 55	30 60 110	310 345 475	295 330 460	273,0	7,1	315	680	64,8 45,2 25,1
300	AR 16/300	35 62,5	70 125	405 545	385 525	323,9	8,0	385	980	51,6 43,5

Tabella A – Caratteristiche dei giunti di dilatazione assiali tipo AR 16.

Le prestazioni dei compensatori, indicate nelle tabelle, sono riferite ad una durata di 1000 cicli a 300 °C (cioè mille movimenti completi dalla massima alla minima estensione e viceversa). Per la maggioranza dei casi di impianti funzionanti con poca intermittenza
(impianti di riscaldamento, reti di distribuzione vapore o acqua surriscaldata in impianti a ciclo continuo, ecc) tale limite è più che sufficiente a garantire al compensatore una durata di molti anni di esercizio. Tuttavia, nel caso di impianti a forte intermittenza, occorre aumentare il limite di durata riducendo il movimento assorbibile. A tale scopo si può utilizzare il diagramma della fig. 24 che fornisce il coefficiente di correzione del movimento in funzione del numero massimo di cicli desiderati. Quest'ultimo coefficiente va introdotto dopo la eventuale riduzione del movimento in funzione della temperatura di lavoro.
L'uso del diagramma è analogo a quello della fig. 23.
Ad esempio, desiderando per un compensatore AR 16/80/100 funzionante a 250°C una vita di 10.000 cicli, la corsa nominale massima di 100 mm (ricavabili dalla tabella A del numero precedente) dovrà essere ridotta a:

$$\Delta l = 100 \cdot 0{,}84 = 84 \text{ mm}$$

Se invece lo stesso compensatore lavorasse a 400 °C, la corsa dovrebbe essere ridotta a

$$\Delta l = 0{,}975 \cdot 0{,}84 \cdot 100 = 81{,}9 \text{ mm}$$

dove 0,975 è il coefficiente di correzione per la temperatura e
0,84 quello per l'aumento del numero dei cicli desiderati.

Il valore del movimento ricavato dalle tabelle, eventualmente corretto per la temperatura e/o per il numero dei cicli, deve a questo punto essere confrontato con il movimento calcolato (vedere punto 2 del numero precedente) per procedere alla scelta del o dei compensatori necessari. Quando il movimento totale del tratto di tubazione preso in considerazione supera il movimento indicato nelle tabelle ed eventualmente corretto, occorre impiegare più compensatori introducendo, come già detto al punto 1, i necessari punti fissi intermedi che suddividano la tubazione in più tratti.

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

Il diametro nominale del compensatore deve corrispondere a quello della tubazione in cui va inserito. E' un errore impiegare sia compensatori di minor diametro che di diametro superiore. Nel caso di impiego di compensatori con attacchi a saldare è poi necessario che il tubo impiegato per la linea abbia lo stesso diametro delle estremità del compensatore così come indicato nelle tabelle delle caratteristiche del costruttore.

Il materiale standard del soffietto e della protezione telescopica interna è l'acciaio inossidabile 18/8 stabilizzato al titanio (AISI 321 o BS 1449 321.S12) mentre i terminali a saldare di testa o flangiati, sono in acciaio al carbonio.
Questo tipo di costruzione è adatto per la stragrande maggioranza dei casi (vapore, acqua calda, acqua surriscaldata, olio diatermico, ecc...) tuttavia particolari condizioni di esercizio e/o di corrosione possono rendere necessario l'impiego di materiali speciali sia per il soffietto che per la protezione interna e per gli attacchi.
In questi casi specifici occorre rivolgersi al costruttore precisando dettagliatamente oltre al materiale richiesto, anche tutte le altre condizioni e dati elencati all'inizio di questo capitolo (voci a ÷ g).
A puro titolo informativo segnaliamo che i materiali impiegabili sono: Acciaio inossidabile AISI 304 o AISI 316L, Incoloy 825 (lega ad alto contenuto di Ni), Inconel 600, Monel 400 (lega di Nichel e rame), Nimonic 75 (lega ad alto contenuto di Ni), Hastelloy B o C, Titanio 115 e Alluminio.

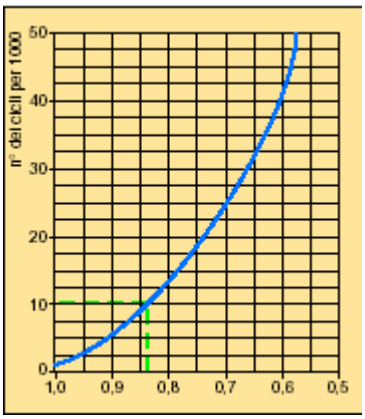


Fig. 24 - Coefficiente di riduzione del movimento in funzione dei cicli.

4. Calcolo delle spinte agenti sui punti fissi

Per calcolare il totale delle forze agenti su ciascun punto fisso di una rete comprendente compensatori di dilatazione di tipo assiale occorre determinare le seguenti forze:
1) Spinta per la compressione del compensatore.
2) Spinta dovuta alla pressione della linea.
3) Spinta dovuta agli attriti.
4) Spinta causata dalle forze centri- fughe.

Ciascuna di queste forze va calcolata singolarmente, per poi arrivare alla spinta totale, e tenendo in considerazione quanto segue:
a) in corrispondenza di ogni cambio di direzione della tubazione occorre calcolare la risultante delle forze agenti nelle due direzioni;
b) se in una tubazione rettilinea è prevista una variazione di diametro, il punto di ancoraggio intermedio sarà soggetto alla differenza delle forze agenti sui due lati.
c) se per la presenza di una valvola manuale o automatica in un punto della rete, alcuni compensatori potessero risultare in pressione ed altri no, l'eventuale punto fisso intermedio tra la valvola ed i compensatori deve essere considerato come punto di ancoraggio principale.

Spinta per la compressione del compensatore.
Ogni giunto di dilatazione assiale può essere assimilato ad una molla avente un proprio carico specifico espresso in kg/mm necessario per comprimerlo. Questo dato è fornito dal costruttore (vedere tabella A). E' da notare che il carico specifico, a parità di diametro, va notevolmente diminuendo coll'aumentare del movimento nominale del compensatore e ciò a causa dell'aumentare delle corrugazioni del soffietto per cui, a parità di corsa totale, ogni ansa si deforma meno.

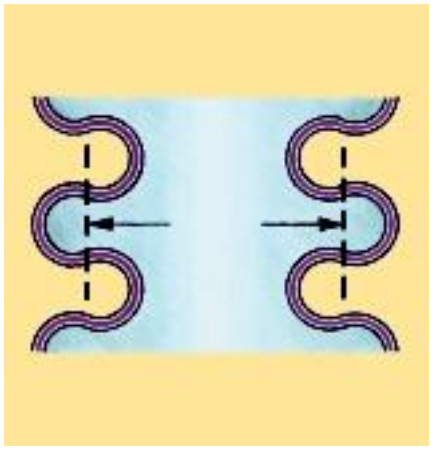


Fig. 25

La spinta totale per la compressione è quindi calcolabile con la formula:

$$F_c = Kc \cdot \Delta l$$

dove:
Kc è il carico specifico Δl è il movimento massimo del compensatore. A proposito del movimento occorre tenere presente che, siccome i compensatori assiali al momento dell'installazione vengono preallungati, (la corsa totale è di norma espressa in ± un certo numero di mm rispetto alla lunghezza libera), è sufficiente inserire nella formula sopra indicata un allungamento pari al 50% della corsa nominale massima del compensatore in esame. Ad esempio la spinta per la compressione di un compensatore AR 16/100/60 con una corsa nominale di 60 mm risulta:

$$F_c = 21{,}8 \cdot \frac{60}{2} = 654 \text{ kg}$$

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

Spinta dovuta alla pressione di linea.
E' la forza dovuta alla pressione interna che tende ad "estendere" il soffietto del compensatore. E' calcolabile con la formula:

$$F_p = p \cdot S$$

Dove:

p è la pressione di esercizio (o di collaudo) della linea

S è la sezione trasversale media del soffietto. Anche questo dato, calcolato considerando il diametro medio della corrugazione (vedere fig. 25), è normalmente fornito dal costruttore (vedere tab. A).

Esempio: calcolare la spinta su un punto fisso dovuto alla pressione in una linea a 12kg/cm^2 e comprendente un compensatore AR 16/65/70. Dalla tavola A si ricava che la sezione effettiva S del compensatore è di 57 cm^2 quindi la spinta

$$F_p = 12 \cdot 57 = 684 \text{ kg}$$

Spinta dovuta agli attriti.
Nel suo movimento dovuto alle dilatazioni termiche la tubazione scorre sulle guide che ovviamente provocano una resistenza dovuta all'attrito tra la tubazione e la guida. Anche questa forza va a scaricarsi sui punti fissi e può essere calcolata con la formula:

$$F_a = F \cdot M$$

dove:

F è il coefficiente di attrito

M il peso totale della linea compresa fra i punti fissi in esame. Il coefficiente di attrito F dovrebbe essere fornito dal costruttore delle guide, ma nel caso che questo dato non sia disponibile, si può considerare un valore F = 0,3 che, per la maggioranza dei casi è accettabile e conservativo.
Come peso oltre a quello del tubo, va considerato anche quello del fluido convogliato (trascurabile nel caso di vapore e gas) e delle valvole o altre apparecchiature eventualmente inserite nel tratto considerato e gravanti sulla linea.

Esempio:
Calcolare la spinta dovuta all'attrito delle guide di un tratto di tubazione DN 80, della lunghezza tra i punti fissi di 48 m e percorsa da acqua calda a 90°C.
Il peso del tubo è:

$$7{,}39 \cdot 48 = 355 \text{ kg}$$

Il peso dell'acqua contenuta (considerando prudenzialmente il peso specifico 1)

è: $5{,}28 \cdot 48 = 253$ kg
Il peso totale del tratto è pertanto di 608 kg.
Considerando un coefficiente di attrito F = 0,3, la spinta esercitata sui punti fissi della componente di attrito risulta

$$F_a = 0{,}3 \cdot 608 = 182 \text{ kg}$$

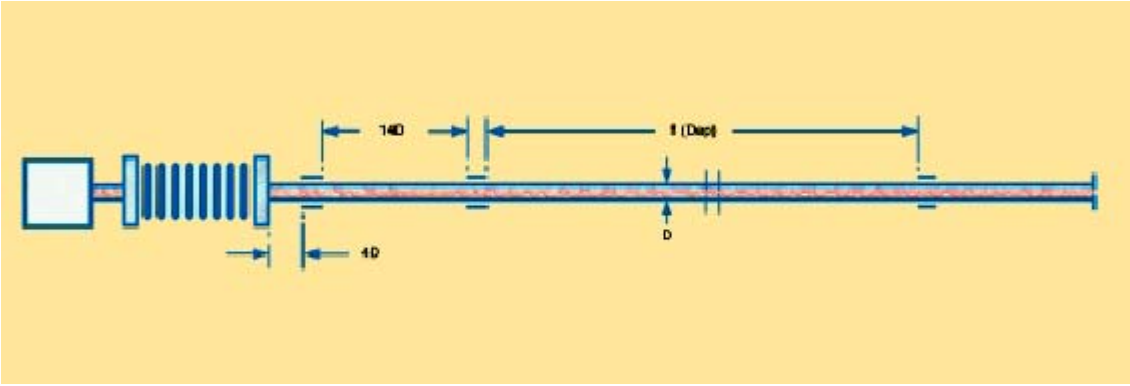


Fig. 26

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

Spinta per forze centrifughe.
Va presa in considerazione solo per i punti fissi in corrispondenza di variazioni di direzione di tubazioni convoglianti liquidi ed aventi diametro superiore a 300 mm. Per la stragrande maggioranza dei casi, quindi, questa spinta può essere completamente trascurata.
La formula che ne consente il calcolo è la seguente:

$$F_{cf} = \frac{2A \cdot \gamma \cdot \upsilon^2}{g} \operatorname{sen} \frac{\Theta}{2}$$

dove:
A è la sezione interna della tubazione in m^2
γ è la massa volumica (peso specifico) del fluido alle condizioni di esercizio espressa in kg/m^3
υ è la velocità del fluido in m/sec
g è l'accelerazione di gravità (9,81 m/sec^2)
θ è l'angolo di deviazione della tubazione.
Esempio:
calcolare la spinta centrifuga esercitata su una deviazione a 60 di una tubazione DN 350 percorsa da acqua fredda alla velocità di 3,5 m/sec.
La sezione A risulta:

$$A = \frac{\pi \cdot 0{,}347^2}{4} = 0{,}0945 \text{ m}^2$$

e quindi

$$F_{cf} = \frac{2 \cdot 0{,}0945 \cdot 1000 \cdot 3{,}5^2}{9{,}81} \operatorname{sen} \frac{60}{2} = 118 \text{ kg}$$

Punti fissi intermedi
Quando un punto fisso è inserito in un tratto di tubazione rettilineo con diametro costante, le spinte esercitate su di esso dai due tratti adiacenti sono uguali e contrarie e pertanto non è soggetto ad alcuna spinta. Tuttavia a scopo precauzionale è bene calcolarlo per la spinta di compressione del compensatore e per la spinta per attrito delle guide.

5. Posizione delle guide

Per il buon funzionamento dei compensatori assiali le guide delle tubazioni sono essenziali.
Esse sono necessarie sia per assicurare il corretto movimento dei componenti che per evitare flessioni e/o torsioni alle tubazioni.
La prima guida deve essere posta ad una distanza massima di 4 diametri dal compensatore e la seconda ad una distanza massima di 14 diametri dalla prima (fig. 26). Le guide successive dovranno essere poste a distanze variabili in funzione del diametro e della pressione di esercizio della linea.
Per determinare tali distanze ci si può servire del diagramma di fig. 27.
Dal valore della pressione massima di esercizio, sulle ascisse, si traccia la verticale fino ad incontrare la retta corrispondente al diametro della tubazione. Tracciando l'orizzontale a partire da tale punto di intersezione, sull'asse delle ordinate si legge la distanza massima in m. tra le guide successive alle prime due.

Esempio:
Diametro della tubazione: 150 mm - Pressione massima di esercizio 12 bar. La distanza tra le guide non dovrà superare gli 11 m.

6. Preallungamento dei compensatori

Il movimento totale che ciascun compensatore può assorbire è normalmente espresso come $\pm$ un certo valore in mm rispetto alla lunghezza libera normale. Esso rappresenta l'eguale movimento in espansione, (trazione) e in contrazione (compressione) di cui è capace il compensatore.
Nella maggioranza dei casi, poiché
sono certamente più frequenti le reti che trasportano fluidi caldi, i compensatori sono chiamati ad assorbire movimenti di allungamento delle tubazioni. Pertanto, al fine di poter utilizzare al massimo la capacità di movimento dei compensatori assiali, è necessario installarli nella tubazione preallungati in modo da aumentare la possibilità di compressione.
Il grado di preallungamento, il cui effetto è illustrato chiaramente nella fig. 28, viene di norma tenuto uguale alla metà del movimento totale da assorbire, considerando di installare il compensatore alla minima temperatura prevista.
E' quindi estremamente importante verificare che il soffietto non sia mai sovracompresso in corrispondenza della massima temperatura di esercizio né mai sovrallungato in corrispondenza della minima temperatura che si potrà avere a impianto freddo o durante il montaggio. Conoscendo le effettive escursioni di temperatura cui sarà soggetta la tubazione, è di vitale importanza stabilire la "lunghezza" che deve assumere il compensatore al momento dell'installazione.
Un eccessivo preallungamento, che non tenga conto della temperatura al momento della installazione rispetto ai valori minimi raggiungibili prima dell'avviamento dell'impianto o durante un arresto, può provocare la rottura del giunto per eccessivo allungamento.

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

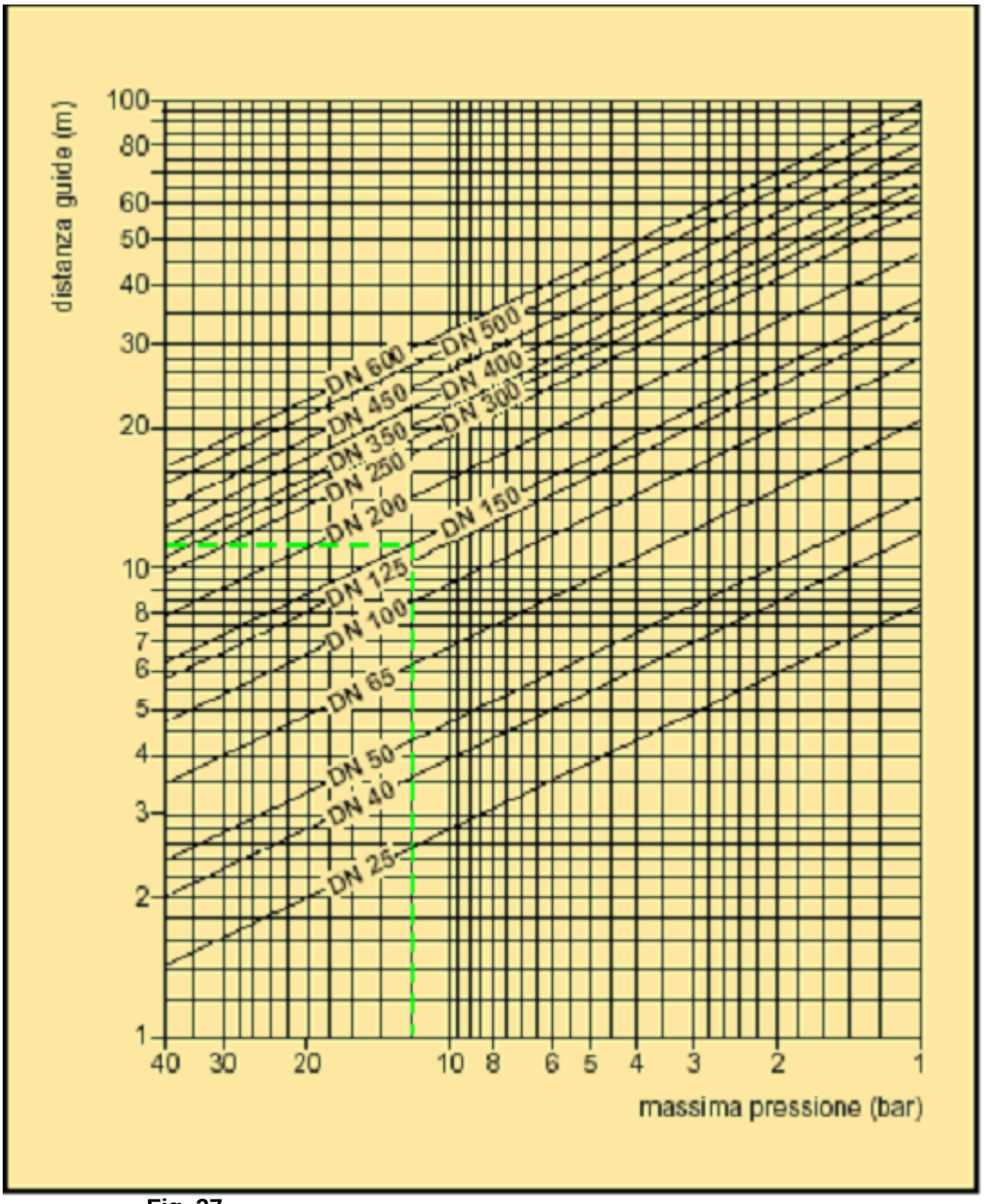


Fig. 27

Per calcolare la lunghezza diinstallazione ci si può servire della seguente formula:

$$L_{inst} = L_{min} + \Delta l - \frac{(T_{inst} - T_{min}) \cdot \Delta l}{T_{max} - T_{min}}$$

L_{inst} = Lunghezza del compensatore all'installazione

L_{min} = Lunghezza minima del compensatore che è uguale alla sua lunghezza libera diminuita di metà del suo movimento totale

Δl = Movimento totale dellatubazione (da assorbire)

T_{inst} = Temperatura al momento dell'installazione

T_{max} = Temperatura massima di esercizio della tubazione

T_{min} = Temperatura minima raggiungibile dalla tubazione (in esercizio o durante il montaggio).

Esempio:
Calcolare la lunghezza di installazione di un compensatore mod. AR 16/80/100 con attacchi a saldare previsto per assorbire un movimento totale di 80 mm in una tubazione sottoposta ad una escursione di temperatura da -20°C (T_{min}) a + 150°C (T_{max}). Temperatura di installazione: T_{ints} = 20°C.
La lunghezza libera è di 405 mm e il movimento totale massimo è100mm. La lunghezza minima, tenuto conto che il movimento da assorbire è di 80 mm, può essere considerata uguale a:

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

$$405 - \frac{80}{2} = 365 \text{ mm}$$

La lunghezza al montaggio dovrà pertanto essere:

$$L_{inst} = 365 + 80 - \frac{[20 - (-20)] \cdot 80}{[150 - (-20)]} = 426 \text{ mm}$$

il compensatore dovrà essere preallungato di 21 mm (426-405). La formula vale naturalmente anche nel caso di impianti per fluidi freddi.
Esempio:
Calcolare la lunghezza di installazione di un compensatore AR 10/100/60 con attacchi a saldare previsto per assorbire un movimento totale di 50 mm (Δ l). Temperatura minima del fluido: –20°C (Tmin)
Temperatura massima della tubazione a impianto fermo: 45°C (Tmax) Temperatura di installazione: + 20°C (Tinst)
Lunghezza libera: 285 mm
Movimento totale: 60 mm

$$L_{min} = 285 - \frac{50}{2} = 260 \text{ mm}$$

$$L_{inst} = 260 + 50 - \frac{[20 - (-20)] \cdot 50}{[45 - (-20)]} = 279 \text{ mm}$$

In queste condizioni al momento del montaggio il compensatore dovrà essere precompresso di 6 mm (285-279).
I compensatori della serie AS 10 che vengono for niti preallungati possono essere installati senza modificar ne la lunghezza solo se l'installazione viene fatta ad una temperatura intor no ai + 10°C e purché la temperatura minima non scenda al di sotto di –5°C. . Al di fuor i di questi limiti la lunghezza all' installazione v a calcolata con la fo r mula sopraripor- tata e tenendo conto che il movimento massimo per tutte le misure è di 15 mm.

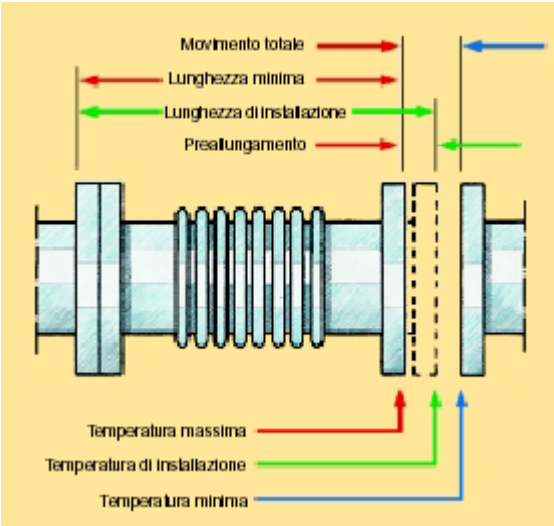


Fig. 28

A conclusione dell'argomento facciamo un esempio di progettazione di un sistema di assorbimento delle dilatazioni mediante compensatori di tipo assiale.

Dati di progetto

La planimetria della rete, che supponiamo giaccia in un piano orizzontale, è rappresentata a fig. 29. Le condizioni di esercizio e gli altri dati di riferimento per il progetto sono i seguenti:
Fluido: acqua surriscaldata
Temperatura massima di mandata:140°C
Temperatura di ritorno al massimo carico: 100°C
Pressione di esercizio: 6 bar Pressione di collaudo: 9 bar Temperatura minima in fase di montaggio: –10°C
Materiale delle tubazioni: acciaio al carbonio
Diametri delle tubazioni: vedere la planimetria di fig. 29. Funzionamento a forte intermittenza Possibilità di aumento della temperatura massima del 10%.
La prima operazione da eseguire è la suddivisione della rete in tratti rettilinei, stabilendo contemporaneamente sia la posizione dei punti fissi che quella dei compensatori di dilatazione. La rete potrà quindi essere sezionata come rappresentato a fig. 30.Nel tratto A, che non ha derivazioni, i compensatori potranno essere installati in prossimità dei punti fissi. Nel tratto B, da cui sono derivate due tubazioni di piccolo diametro per l'alimentazione di altrettante utenze, sarà bene installare il compensatore in una posizione intermedia in modo da ridurre al minimo il movimento in corrispondenza delle derivazioni. L'allungamento delle due derivazioni tra la tubazione principale B e le relative utenze, può essere trascurato purché sia possibile assicurare una sufficiente flessibilità ai tratti derivati.
Il tratto C è stato suddiviso in due tronchi, C' e C", essendo necessario stabilire un punto fisso in corrispondenza della derivazione del tratto D, che, per la sua lunghezza, richiede a sua volta l'inserimento di uno o più compensatori di dilatazione.

Tratto A

$$\Delta L = \frac{100}{10} \times [19 - (-1,5)] = 205 \text{ mm.}$$

Tratto B

$$\Delta L = \frac{20}{10} \times [19 - (-1,5)] = 41,0 \text{ mm}$$

Tratto C'

$$\Delta L = \frac{25}{10} \times [19 - (-1,5)] = 51,25 \text{ mm}$$

Tratto C"

$$\Delta L = \frac{90}{10} \times [19 - (-1,5)] = 184,50 \text{ mm.}$$

Tratto D

$$\Delta L = \frac{70}{10} \times [19 - (-1,5)] = 143,50 \text{ mm.}$$

Scelta dei compensatori

Poiché è precisato che l'impianto funziona con forte intermittenza occorre introdurre il coefficiente di riduzione del movimento in funzione dei cicli, che, nel caso in esame consideriamo pari a 10.000. Il coefficiente di riduzione, dal diagramma di figura 24, risulta essere 0,84.

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

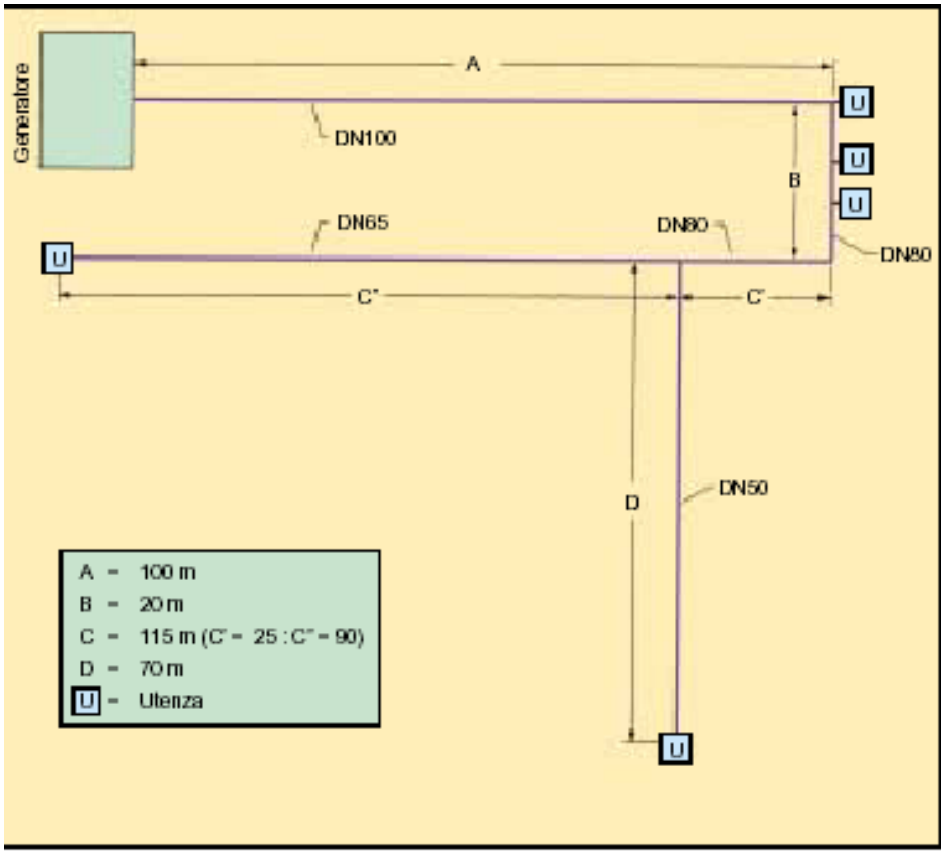


Fig. 29

I movimenti virtuali da considerare per ciascun tratto ed i compensatori da installare, risultano i seguenti; poiché la pressione di collaudo a freddo sarà di 9 bar e la massima temperatura a caldo di 154°C possono essere impiegati compensatori serie 10.

Tratto A

$\frac{205}{0,84}$ = 244,05 - due compens. AR 10/100/110 ed un 10/100/30

Tratto B

$\frac{41}{0,84}$ = 48,81 - un compensatore AR 10/80/50

Tratto C'

$\frac{51,25}{0,84}$ = 61,01 - un compensatore AR 10/80/110

Tratto C"

$\frac{184,50}{0,84}$ = 219,64 - due compens. AR 10/65/70 e due AR 10/65/45

Tratto D

$\frac{143,50}{0,84}$ = 170,83 - tre compensatori AR 10/50/60

Posizione dei punti fissi e delle guide

Nel tratto A, dovendo inserire tre compensatori, occorre stabilire anche due punti fissi intermedi a distanze proporzionali al movimento di ciascun compensatore e cioè:

$\frac{110}{250}$ x 100 = 44 m. per i due compensatori AR 10/100/110

e

$\frac{30}{250}$ x 100 = 12 m. per il compensatore AR 10/100/30

Analogamente si procederà al calcolo delle distanze tra i punti fissi del tratto C" con quattro compensatori (3 punti fissi intermedi) e del tratto D con tre compensatori (2 punti fissi intermedi).

Sul disegno, per semplicità, sono state indicate solo le guide in prossimità di ciascun compensatore, da posizionare ad una distanza di 4 diametri dal termine del soffietto ma, per un buon funzionamento del sistema, occorrerà prevedere altre guide a distanze variabili in funzione del diametro della tubazione e della pressione di esercizio; la seconda guida sarà realizzata ad una distanza non oltre i 14 diametri mentre le successive secondo il diagramma visto in precedenza.

Dal diagramma di fig. 27, considerando la pressione di lavoro, si ricavano i valori riportati in tabella.

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

Diametro tubo mm.	Distanza max. m.
100	12
80	10
65	8
50	6

Le guide potranno essere realizzate secondo uno qualsiasi dei disegni della fig. 31 avendo cura di lasciare sufficiente gioco per non generare attriti di scorrimento abnormi, ma senza eccedere per non permettere movimenti con componenti trasversali.

Calcolo delle spinte sui punti fissi Calcoliamo ora le spinte agenti sui punti fissi. Questo calcolo è importante per essere in grado di realizzare gli ancoraggi con sufficiente robustezza ed evitare di conseguenza ogni movimento dei punti fissi e per non generare sollecitazioni che potrebbero danneggiare le strutture.
Per brevità calcoleremo le spinte soltanto per tre punti fissi tipici e cioè: quella sul punto fisso 1 (terminale), sul punto fisso 4 (cambio di direzione) e sul punto fisso 6
(intermedio con derivazione).

Punto fisso 1
a) Spinta per la compressione del compensatore:

$$F_{c1} = K_c \times \frac{\Delta L}{2} = 5{,}5 \times \frac{90{,}2}{2} = 248 \text{ kg}$$

N. B.: Il movimento Δl è quello effettivo totale assorbito dal compensatore e cioè

$$\frac{44}{100} \times 205 = 90{,}2 \text{ mm.}$$

b) Spinta per la pressione di linea

$$F_{p1} = p \times S = 9 \times 127 = 1143 \text{ kg}$$

N. B.: Come pressione si è considerate quella di collaudo.
c) Spinta per gli attriti delle guide

$$F_{a1} = F \times M = 0{,}3 \times 765 = 229{,}5 \text{ kg}$$

N.B.: Il peso **M** della linea è quello del tratto compreso tra i punti fissi 1 e 2 ed avente una lunghezza di 44m.
La spinta totale è la somma delle tre sopra calcolate, cioè 1620,5 kg e si eserciterà secondo l'asse della tubazione verso sinistra.
Punto fisso 4
In questo caso occorre calcolare prima la spinta del tronco A, poi quella del tronco B ed infine sommarle vettorialmente.

$$F_{c4A} = K_c \frac{\Delta L}{2} = 5{,}5 \times \frac{90{,}2}{2} = 248 \text{ kg}$$

$$F_{p4A} = p \times S = 9 \times 127 = 1143 \text{ kg}$$

$$F_{a4A} = F \times C = 0{,}3 \times 765 = 229{,}5 \text{ kg}$$

$$F_{4A} = F_{c4A} + F_{p4A} + F_{a4A} = 1620{,}5 \text{ kg}$$

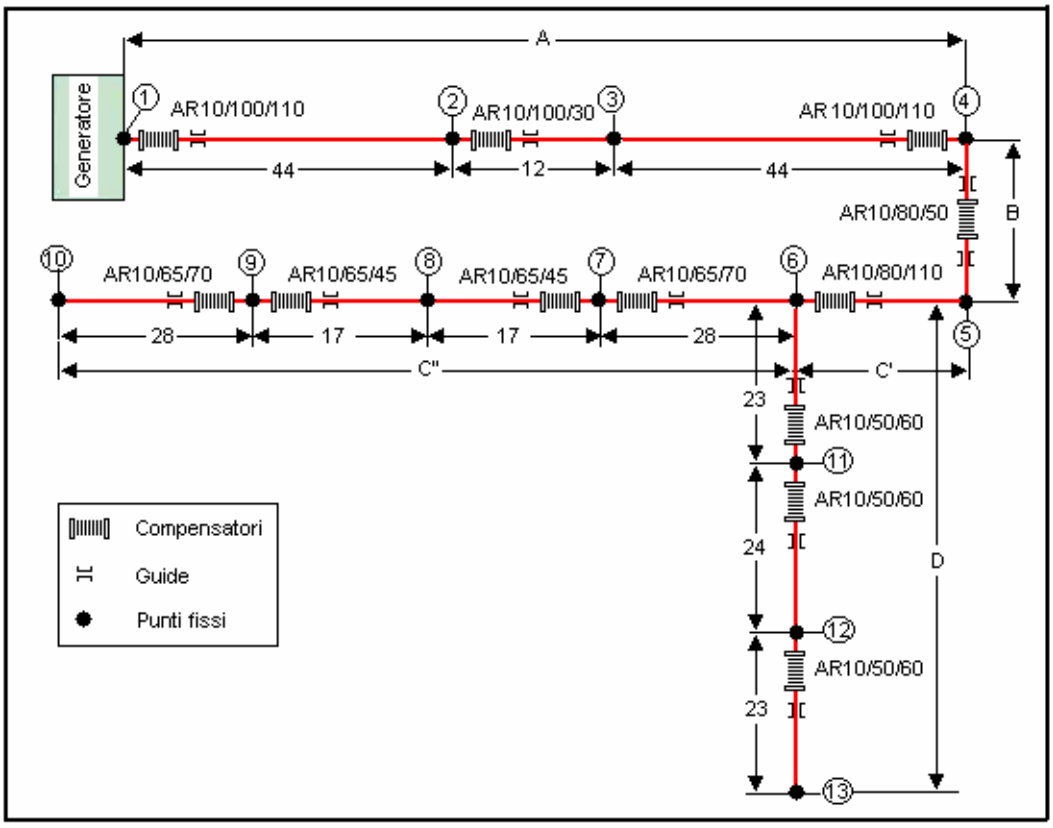


Fig. 30

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

$$F_{c4B} = K_c \frac{\Delta L}{2} = 8{,}5 \times \frac{41}{2} = 174{,}2 \text{ kg}$$

$$F_{p4B} = p \times S = 9 \times 79 = 711 \text{ kg}$$

$$F_{a4B} = F \times M = 0{,}3 \times 241 = 72{,}3 \text{ kg}$$

$$F_{4B} = F_{c4B} + F_{p4B} + F_{a4B} = 957{,}5 \text{ kg}$$

La spinta totale risulta

$$F_4 = \sqrt{F_{4A}^2 + F_{4B}^2} = 1882 \text{ kg}$$

La direzione di tale forza può essere facilmente determinata graficamente mediante il poligono vettoriale come illustrato nella figura 32.

Punto fisso 6
La spinta totale è la somma vettoriale delle tre spinte esercitate dai tronchi **C', C'', e D.**

$$F_{c6C'} = K_c \frac{\Delta L}{2} = 4{,}3 \times \frac{52}{2} = 112 \text{ kg}$$

$$F_{p6C'} = p \times S = 9 \times 79 = 711 \text{ kg}$$

$$F_{a6C'} = F \times M = 0{,}3 \times 301 = 90 \text{ kg}$$

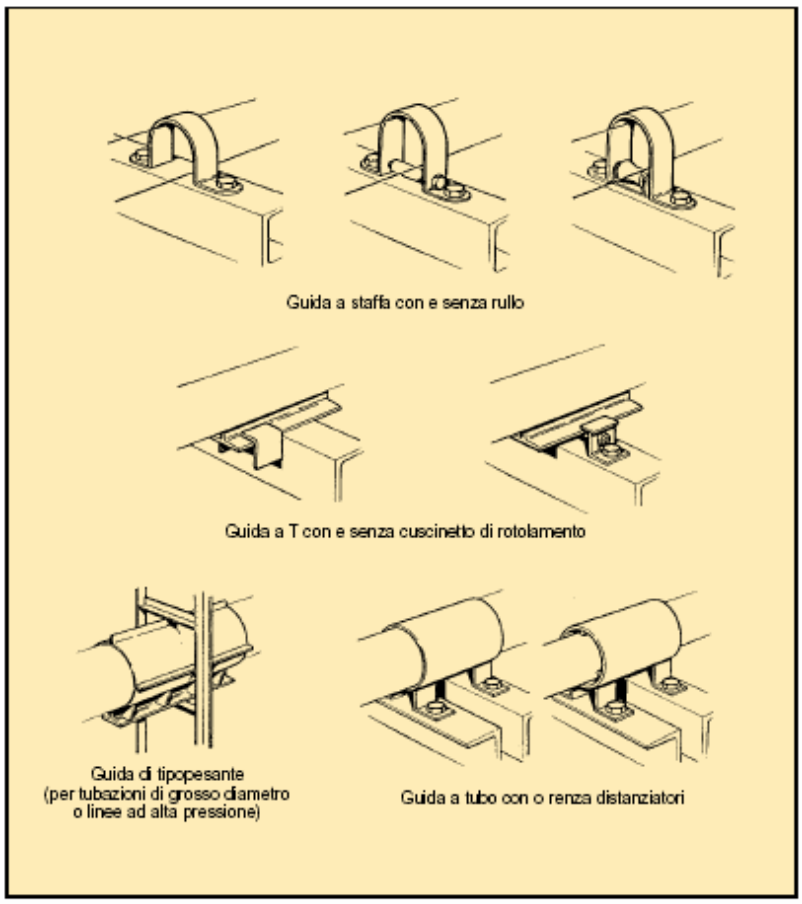

Guida a staffa con e senza rullo
Guida a T con e senza cuscinetto di rotolamento
Guida di tipopesante
(per tubazioni di grosso diametro
o linee ad alta pressione)
Guida a tubo con o renza distanziatori

Fig. 31 - Alcuni esempi di guide assiali per lo scorrimento dei tubi.
L'entità dei giochi previsti e delle tolleranze adottate è determinante per la buona funzionalità del sistema e per la durata dei giunti: le guide devono permettere la massima scorrevolezza evitando di sovraccaricare i punti fissi ed assicurando il massimo allineamento degli sforzi con l'asse longitudinale dei compensatori e delle tubazioni.

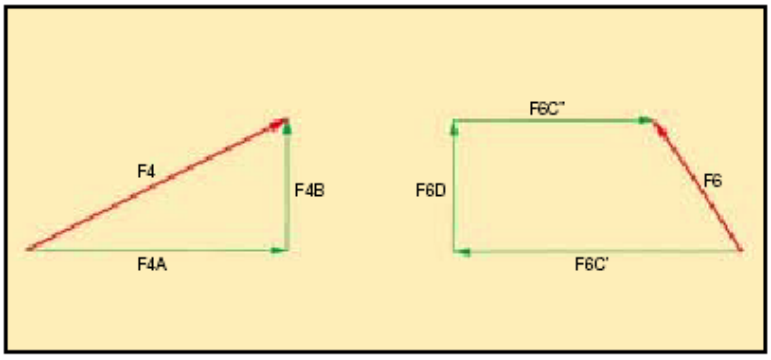


Fig. 32 - Poligoni vettoriali per la composizione delle forze agenti sui punti fissi 4 e 6.

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

$$F_{6C'} = F_{c6C'} + F_{p6C'} + F_{a6C'} = 913 \text{ kg}$$

$$F_{c6C''} = K_c \frac{\Delta L}{2} = 5{,}5 \times \frac{56}{2} = 154 \text{ kg}$$

$$F_{p6C''} = p \times S = 9 \times 58 = 522 \text{ kg}$$

$$F_{a6C''} = F \times M = 0{,}3 \times 219 = 66 \text{ kg}$$

$$F_{6C''} = F_{c6C''} + F_{p6C''} + F_{a6C''} = 742 \text{ kg}$$

$$F_{c6D} = K_c \frac{\Delta L}{2} = 4{,}4 \times \frac{57}{2} = 125{,}4 \text{ kg}$$

$$F_{p6D} = p \times S = 9 \times 39 = 351 \text{ kg}$$

$$F_{a6D} = F \times M = 0{,}3 \times 161 = 48{,}3 \text{ kg}$$

$$F_{6D} = F_{c6D} + F_{p6D} + F_{a6D} = 524{,}7 \text{ kg}$$

La risultante totale è la somma vettoriale delle tre forze sopra calcolate

$$F_6 = \sqrt{(F_{6C'} - F_{6C''})^2 + F_{6D}^2} =$$

$$\sqrt{(913 - 742)^2 + 524{,}7^2} = 552 \text{ kg}$$

Lunghezza di montaggio

Da ultimo calcoliamo la lunghezza di installazione dei compensatori, supponendo che essi vengano montati quando la temperatura è di + 5°C.

Per brevità limiteremo questo calcolo ad un solo compensatore AR 10/100/110 connessioni flangiate con lunghezza libera di 395 mm.

$$\Delta L = \frac{44}{100} \times 205 = 90 \text{ mm}$$

$$L_{min} = 395 - \frac{90}{2} = 350 \text{ mm}$$

$$T_{inst} = + 5°C$$

$$T_{max} = + 154°C$$

$$T_{min} = - 10°C$$

$$L_{inst} = 350 + 90 - \frac{5 - (-10)}{154 - (-10)} \cdot 90 =$$

$$= 440 - 8{,}12 = 431{,}8$$

Arrotondamento a 432 mm.

Poiché la lunghezza di installazione del compensatore, così calcolata, risulta maggiore della sua lunghezza libera, al momento dell'inserimento nella tubazione il compensatore dovrà essere preallungato di:

432 – 395 = 37 mm.

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

ALLUNGAMENTO DELLE TUBAZIONI IN mm PER 100 m

Temperatura °C	Acciaio al carbonio	Acciaio al carbonio-molibdeno e 4 ÷ 6% Cr	Acciaio 12% Cr	Acciaio inossidabile 18% Cr - 8% Ni
	mm/100 m	mm/100 m	mm/100 m	mm/100 m
—50	—71,5	—71,5	—72,0	—112,0
—40	—60,8	—60,8	—61,1	—94,9
—30	—50,0	—50,0	—50,1	—77,7
—25	—44,6	—44,6	—44,6	—69,0
—20	—39,1	—39,1	—39,1	—60,0
—15	—33,6	—33,6	—33,5	—51,8
—5	—22,5	—22,5	—22,4	—34,5
0	—16,9	—16,9	—16,8	—25,9
5	—11,3	—11,3	—11,2	—17,3
10	— 5,7	— 5,7	— 5,6	— 8,6
15	0,0	0,0	0,0	0,0
20	5,7	5,7	5,6	8,6
25	11,4	11,4	11,3	17,2
30	17,1	17,1	17,0	25,9
35	22,9	22,9	22,6	34,5
40	28,7	28,7	28,3	43,1
45	34,5	34,5	34,1	51,8
50	40,3	40,3	39,8	60,4
55	46,2	46,2	45,5	69,0
60	52,1	52,1	51,3	77,6
65	58,0	58,0	57,0	86,2
70	64,0	64,0	62,8	94,9
75	70,0	70,0	68,6	104,0
80	75,9	75,9	74,4	112,0
85	82,0	82,0	80,3	121,0
90	88,0	88,0	86,1	129,0
95	94,1	94,1	92,0	138,0
100	100,0	100,0	97,8	147,0
110	112,0	112,0	110,0	164,0
120	125,0	125,0	121,0	181,0
130	137,0	137,0	133,0	198,0
140	150,0	150,0	145,0	216,0
150	163,0	163,0	157,0	233,0
160	175,0	175,0	169,0	250,0
170	188,0	188,0	182,0	267,0
180	201,0	201,0	194,0	284,0
190	215,0	215,0	206,0	302,0
200	228,0	228,0	218,0	319,0
210	241,0	241,0	231,0	336,0
220	254,0	254,0	243,0	353,0
230	268,0	268,0	256,0	371,0
240	282,0	282,0	268,0	388,0
250	295,0	295,0	281,0	405,0
260	309,0	309,0	293,0	422,0
270	323,0	323,0	306,0	439,0
280	337,0	337,0	319,0	457,0
290	351,0	351,0	332,0	474,0
300	366,0	366,0	345,0	491,0
310		380,0	358,0	508,0
320		394,0	371,0	526,0
330		409,0	384,0	543,0
340		424,0	397,0	560,0
350		439,0	410,0	577,0
360		453,0	423,0	594,0
370		468,0	437,0	612,0
380		483,0	450,0	629,0
390		499,0	463,0	464,0
400		514,0	477,0	663,0
410		529,0	490,0	680,0
420		545,0	504,0	609,0
430		561,0	518,0	715,0
440		576,0	531,0	732,0
450		592,0	545,0	749,0
460		608,0	559,0	766,0
470		624,0	573,0	784,0
480		640,0	587,0	801,0
490		656,0	601,0	818,0
500		673,0	615,0	835,0
510		689,0	629,0	853,0
520		706,0	643,0	869,0
530		722,0	657,0	887,0
540		739,0	672,0	904,0
550		756,0	686,0	921,0

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

IL DRENAGGIO DI APPARECCHIATURE DI SCAMBIO TERMOREGOLATE "IL FENOMENO DELLO STALLO"

INDICE

Argomento	Pagina
Drenaggio di apparecchiature di scambio Termoregolate	**2**
Causa blocco del condensato	4
Costruzione diagramma di stallo	6
Pompe di rilancio condense e schemi di montaggio	7

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

DRENAGGIO DI APPARECCHIATURE DI SCAMBIO TERMOREGOLATE

Altro argomento molto importante, normalmente trascurato con evidente conseguenze di mal funzionamento del sistema, è quello dello scarico e del rinvio della condensa generata da apparecchiature di scambio termico in genere, scambiatori di calore o batterie per aria, gas, dotati di regolazione di temperatura.

Di solito viene dedicata grande attenzione e cura solo alla parte della regolazione automatica, tenendo giustamente presente l'esigenza della precisione della temperatura; poca importanza si dedica invece allo scarico della condensa, con il risultato di annullare anche tutti gli sforzi dedicati alla regolazione e procurandosi una serie di altri problemi più difficilmente eliminabili.

I casi più frequenti ed in cui si possono più facilmente avere inconvenienti, si hanno con scambiatori di calore per fluidi diversi e con batterie di riscaldamento per aria alimentati con basse e medie pressioni di vapore; alcuni problemi sono riscontrabili anche con pressioni più elevate quando si abbiano reti di ritorno condense sopraelevate o comunque in contropressione.

Queste applicazioni richiedono una particolare cura nella scelta e nel dimensionamento dello scaricatore e nello studio dello schema di installazione; uno scaricatore non adatto, uno schema non adeguato o una svista in sede di installazione, possono portare ai seguenti inconvenienti:

- **insufficiente resa termica**
- **oscillazione della temperatura** del fluido termoregolato o stratificazione della temperatura stessa nel caso di batterie
- **forti colpi d'ariete**
- **corrosione nei serpentini** di scambio
- **allagamento delle superfici di scambio** e, nel caso di batterie, possibilità di gelo dei primi ranghi.

Compito della regolazione di temperatura prevista per il controllo di una di queste apparecchiature è di adeguare lo scambio termico in funzione delle esigenze momentanee dell'impianto, e questo può essere ottenuto soltanto adeguando la differenza di temperatura tra fluido riscaldante e fluido riscaldato di cui si deve tenere costante la temperatura: il modo per farlo è di abbassare proporzionalmente la pressione del vapore all'interno del- l'apparecchio di scambio.

La formula che regola lo scambio termico è:

$$Q = K \cdot S \cdot \Delta t$$

in cui Q è la resa in kcal/h
K è il coefficiente di trasmissione in kcal/ora m^2 °C
S è la superficie di scambio in m^2
Δt è la differenza di temperatura (media logaritmica) in °C fra i due fluidi.

La superficie S è di norma calcolata in funzione del massimo carico e della possibilità di incrostazioni (fouling) cui spesso si aggiunge una maggiorazione di sicurezza o per incertezza dei dati di impianto, per cui, in esercizio, risulterà certamente sovrabbondante, non solo in condizioni di carico ridotto, ma anche alle massime condizioni di funzionamento. Durante le fasi a consumo ridotto, per fronteggiare la situazione, il regolatore modulante parzializzerà, tendendo quasi a chiuderlo, il passaggio della valvola di alimentazione, fino a portare la **pressione del vapore a valori addirittura sub-atmosferici:** ciò accade tutte le volte che è necessaria una temperatura nel lato di alimentazione inferiore ai 100°C.

Il diagramma di fig.1 esemplifica la situazione per uno scambiatore di calore calcolato per riscaldare acqua da 15 a 60°C mediante l'impiego di vapore saturo a 4 bar (3 effettivi alle condizioni di massima portata e dopo le apparecchiature di controllo).

Pur supponendo di non aver sovradimensionato l'apparecchio di scambio, constatiamo che già al 75% del carico la pressione scende nell'apparecchio di scambio a poco più di 1 bar e raggiunge il valore atmosferico a circa il 50% del consumo: è questo un valore di stallo in cui si verifica l'impossibilità di un regolare funzionamento anche se non ci sono contropressioni dovute alla linea di ritorno.

Un normalissimo caso di sovradimensionamento della superficie di scambio (20%) peggiorerebbe ulteriormente la situazione come evidenziato dallo stesso diagramma.

Nel diagramma è riportata infatti una seconda condizione (linea inferiore) che esemplifica il caso molto comune di un apparecchio con superficie di scambio maggiorata (~20%); si noti come le condizioni di lavoro peggirano sensibilmente:

a pieno carico la pressione si è già ridotta a 1,7 bar ed al 58% della richiesta ci si troverebbe già in condizione di stallo e quindi di ingovernabilità del sistema.

Un esempio tipico è il caso di **batterie o scambiatori per impianti di riscaldamento** ambiente, durante la media stagione.

In questa situazione lo **scaricatore,** anche se di tipo adeguato e ben dimensionato, non è in grado di eliminare la **condensa,** non essendoci la necessaria pressione differenziale fra utenza e linea di ritorno, anzi tenderà ad aspirare condensa ed aria da quest'ultima. L'utilizzatore si allagherà con conseguente diminuzione della superficie di scambio e della temperatura regolata; non appena la situazione sarà rilevata dal sensore di temperatura e la valvola termoregolatrice tornerà ad aprire, si avranno **colpi d'ariete ed ampie oscillazioni della temperatura.**

Tali inconvenienti, che assumono un andamento ciclico, possono essere eliminati prevedendo una **valvola rompivuoto** in grado di immettere aria non appena la pressione del vapore scenda a valori sub-atmosferici. Si formerà così all'interno dello spazio a vapore una miscela aria vapore che può avere temperature inferiori ai 100°C, pur essendo a pressione atmosferica, senza la necessità cioè di andare sottovuoto (legge di Dalton sulle pressioni parziali nelle miscele di gas).

In queste condizioni, se il drenaggio è ben fatto, la condensa potrà essere allontanata regolarmente e con continuità, senza influire ed interferire con l'azione del termoregolatore.

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

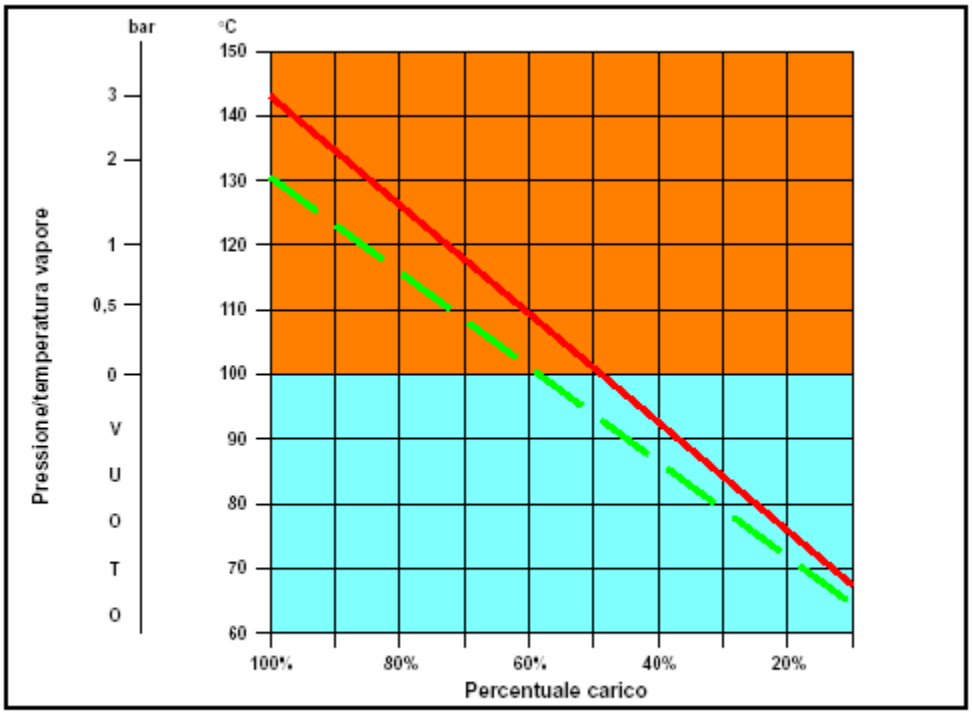


Fig. 1 - Variazioni della pressione e temperatura vapore in funzione della percentuale del carico nello scambiatore considerato. La linea tratteggiata rappresenta una frequente condizione di sovradimensionamento della superficie di scambio (20%).

Le figg. 2 e 3 rappresentano due installazioni tipiche: uno scambiatore istantaneo ed una batteria per aria con regolazione della temperatura. All'uscita degli apparecchi di scambio è prevista la valvolina rompivuoto, mentre lo scaricatore è installato con un **battente di almeno 1-1,5 m,** ed è questo battente che permette, quando la pressione è a valori atmosferici, lo scarico della condensa, purché non ci siano contropressioni o risalite.

Lo scaricatore dovrà essere sempre del tipo a **galleggiante con eliminatore d'aria termostatico,** che meglio si adatta all'esigenza del caso: scarico continuo, modulante e proporzionale al quantitativo di condensa in arrivo, così da potersi adeguare rapidamente e senza interferenze all'azione del regolatore; pronta eliminazione dell'aria e delle miscele aria-vapore anche alle basse pressioni, grazie all'elemento termostatico incorporato, in modo da assicurare una immediata risposta del complesso quando la richiesta del calore torna ad aumentare.

Lo scaricatore dovrà essere dimensionato con ampio fattore di sicurezza; **la capacità di scarico** massima sarà non meno di **due volte** circa il quantitativo effettivo di condensa da scaricare, sia per tener conto delle alte portate all'avviamento, sia per poter far fronte a quei periodi in cui lo scaricatore deve funzionare con la sola pressione differenziale di 0,1-0,15 bar, fornita dal battente idraulico predisposto in sede di installazione.

E' evidente quindi che in **nessun caso si possono prevedere innalzamenti o contropressioni** dopo lo scaricatore, altrimenti si avrebbero nuovamente sia gli allagamenti nonché tutti gli inconvenienti già visti e si renderebbero inutili

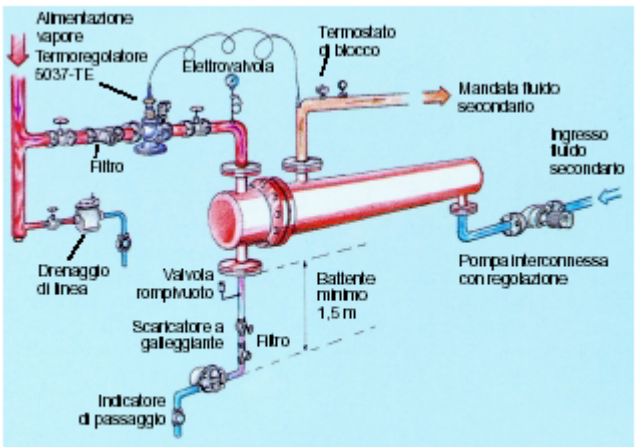


Fig. 2 – Scambiatore di calore termoregolato e drenaggio per gravità garantito da valvola rompivuoto, battente idraulico e scarico atmosferico

i vari accorgimenti adottati.

La linea di ritorno quindi **dovrà essere abbondantemente dimensionata,** avere una **opportuna pendenza** e possibilmente essere convogliata al serbatoio di ritorno separatamente dalle altre linee.

Una lunga serie di prescrizioni sicuramente restrittive ed in grado di complicare non solo la progettazione, ma sicuramente anche l'installazione e la conduzione stessa del sistema.

Nel caso poi si renda indispensabile effettuare delle risalite o rinvii a sensibile distanza, è necessario ricorrere all'installazione di un apposito sistema di pompaggio: il più semplice e pratico fino ad ora utilizzato, anche perché non richiede serbatoi

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

supplementari, regolazioni di livello ed energia elettrica di comando, è l'elevatore automatico utilizzante come fluido motore lo stesso vapore dell'impianto.
Sistema che ha fino ad ora permesso di risolvere il problema, sia pur con qualche complicazione di installazione: uso in serie di pompa e scaricatore di condensa per far fronte alle diverse fasi di carico e pressione e sensibili battenti idraulici per evitare allagamenti parziali delle superfici di scambio.

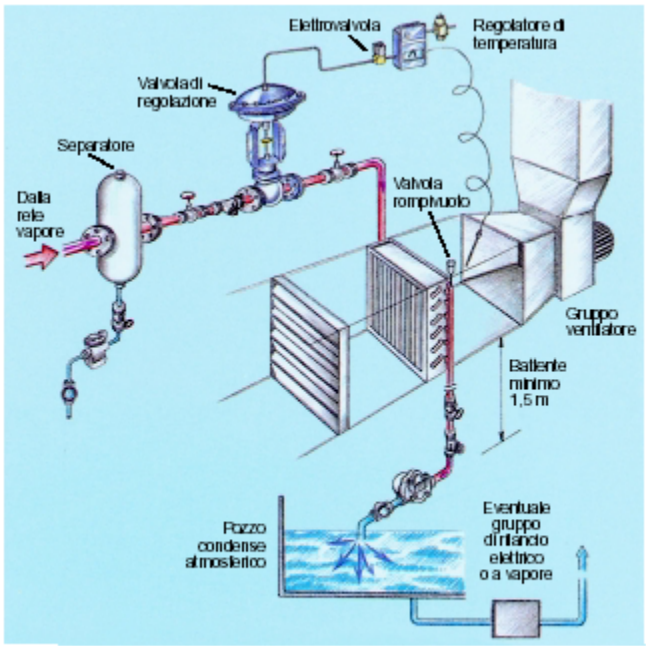


Fig. 3-Batteria di riscaldamento aria con termoregolazione, scarico condense atmosferico e rinvio in centrale termica

Cause del blocco del condensato

Generalmente si crede che la pressione del vapore in uno scambiatore di calore a vapore sia più che sufficiente ad assicurare lo scarico del condensato. Ci sono tuttavia due condizioni del processo che possono impedire la normale evacuazione delle condense:

- Elevata contropressione vapore
- Bassa pressione all'ingresso dello Scambiatore

In presenza di ciascuna di queste condizioni si verifica una insufficiente pressione differenziale necessaria per lo scarico del condensato nella tubazione di ritorno attraverso lo scaricatore. Quando il condensato non viene scaricato regolarmente lo scambiatore inizia ad allagarsi.
D'altra parte per mantenere un controllo ottimale della temperatura del processo e prevenire guasti di tipo meccanico o dovuti a corrosioni nello scambiatore, è essenziale effettuare lo scarico del condensato non appena questo si forma mantenendo libera la superficie di scambio: tale condizione può essere garantita da una sufficiente pressione differenziale.
Una insufficienza della pressione differenziale può essere imputata sia allo scambiatore (progetto errato o funzionamento anomalo) oppure alla linea ritorno condense.

1) Con regolazione in funzione, quando la temperatura del prodotto aumenta la valvola di regolazione del vapore tende a chiudere parzializzando il flusso.

2) La pressione del vapore diminuisce e quando la contropressione della linea di ritorno condensato è maggiore ($P_1<P_2$) della pressione del vapore a valle della valvola di regolazione inizia l'allagamento dello scambiatore come mostrato nella fig. 4
3) La temperatura del prodotto tende a diminuire e di conseguenza la valvola di regolazione torna ad aprire per aumentare la portata del vapore e quindi la pressione torna ad aumentare ($P_1>P_2$) e ricomincia lo scarico del condensato, ma nello scambiatore si instaura una pressione vapore maggiore di quella necessaria per mantenere il prodotto alla temperatura prefissata. Il ciclo quindi si ripete vedere fig. 5

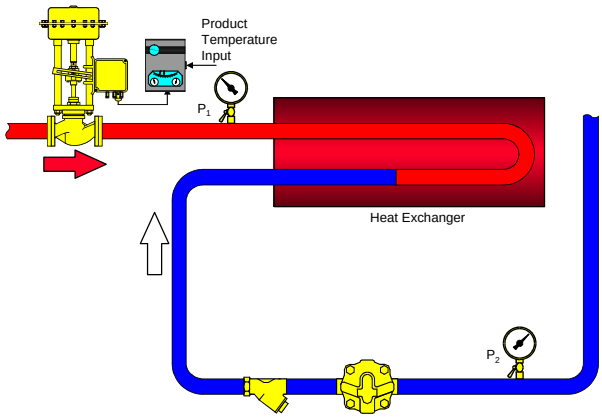


Fig. 4

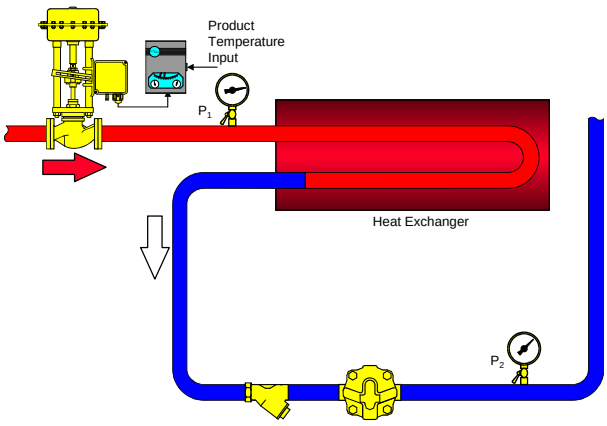


Fig. 5

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

La condizione di stallo viene accelerata e facilitata quando la tubazione di ritorno del condensato si trova nella posizione mostrata nella fig. 6, cioè ad una altezza tale da generare contropressioni allo scarico.
La pressione idrostatica (battente) nella linea di ritorno condense impedisce il libero scarico del condensato dalla batteria. Le condizioni di stallo che si verificano frequentemente nelle apparecchiature di scambio termico dotate di regolazione possono essere evitate mediante l'inserzione di una pompa, come mostrato nella figura 7.

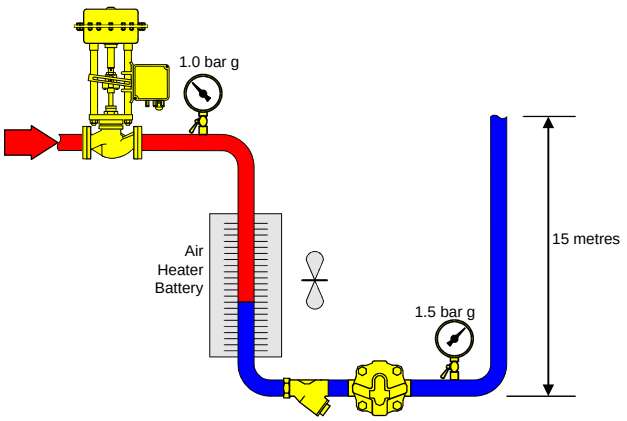


Fig. 6

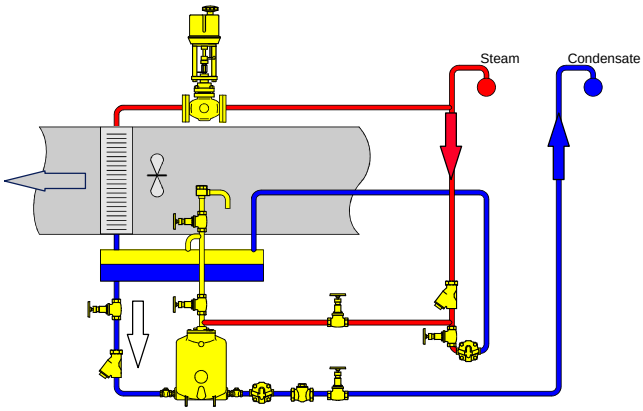


Fig. 7

Determinazione delle condizioni di stallo
In modo semplificativo poniamo che il trasferimento di energia sia determinato da:

$$Q = U \times A \times \Delta t$$

- U = Coefficiente totale di trasferimento energia termica in $W/m^2°C$
- A = Superficie di trasferimento in m^2
- Δt = Differenza di temperatura tra il mezzo riscaldante (vapore) e la temperatura media del prodotto che deve essere riscaldato in °C.

Per un determinato scambiatore il prodotto U x A è sostanzialmente costante per cui Q (energia termica trasmessa)sarà una funzione di Δt. Per mantenere costante la temperatura del prodotto riscaldato sarà necessario dosare l'energia trasmessa; regolazione che può essere effettuata soltanto variando la temperatura del vapore.
Per il carico massimo dell'utenza (spesso corrisponde all'avviamento del processo) il Δt deve essere al valore massimo cioè massima temperatura del vapore e minima temperatura del prodotto (temperatura circuito secondario).
Per un carico nullo il Dt deve essere zero. La temperatura del vapore deve quindi essere uguale alla temperatura del prodotto che deve essere riscaldato.
Dalle due condizioni estreme riportate si deduce che al 50% del carico anche il Dt sarà al 50% del carico massimo e le condizioni intermedie saranno in diretta proporzione.

Costruzione del diagramma di stallo
Con riferimento alla teoria esposta possiamo costruire il diagramma di stallo di cui alla **fig. 8**, tracciando due linee che nel carico massimo (indicato sulle ascisse) convergono al punto di carico nullo. La linea inferiore è condotta dal punto corrispondente alla temperatura di ingresso del fluido secondario alla temperatura di uscita mentre la linea superiore rappresenta, sulla scala delle ordinate, la variazione della temperatura del vapore (e quindi la sua variazione di pressione).
Conoscendo la pressione a valle dello scaricatore, la linea della temperatura vapore può essere usata per determinare il punto nel quale la pressione vapore eguaglia la contropressione generando la condizione di stallo.
Una ulteriore riduzione del carico aumenterà il fenomeno di allagamento da parte del condensato.
Scendendo in verticale da punto di incrocio si leggerà sulla scala delle ascisse a quale percentuale del carico avviene lo stallo:
nell'esempio le condizioni di stallo sono presenti per carichi al 63% del massimo di progetto. Sotto il 63% del carico quindi necessario l'impiego di una pompa per la rimozione del condensato.
Per risolvere il problema dello stallo la Sirax-Sarco ha realizzato da moltissimi anni una pompa meccanica MFP 14 (Fig. 9) di sicura affidabilità (con azionamento mediante fluido in pressione) e possono essere impiegate in quasi tutti i casi di applicazione delle elettropompe e sono particolarmente adatte per il pompaggio del condensato con i seguenti vantaggi:

- Evacuazione e rilancio a distanza di condense anche quando le apparecchiature di scambio termico funzionano a pressioni sub-atmosferiche
- Richiede poca disponibilità di spazio perché non necessita di serbatoio ricevitore di condensa, ma è sufficiente un piccolo collettore (vedere nostra specifica tecnica).

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

- Non necessita di energia elettrica per l'azionamento.

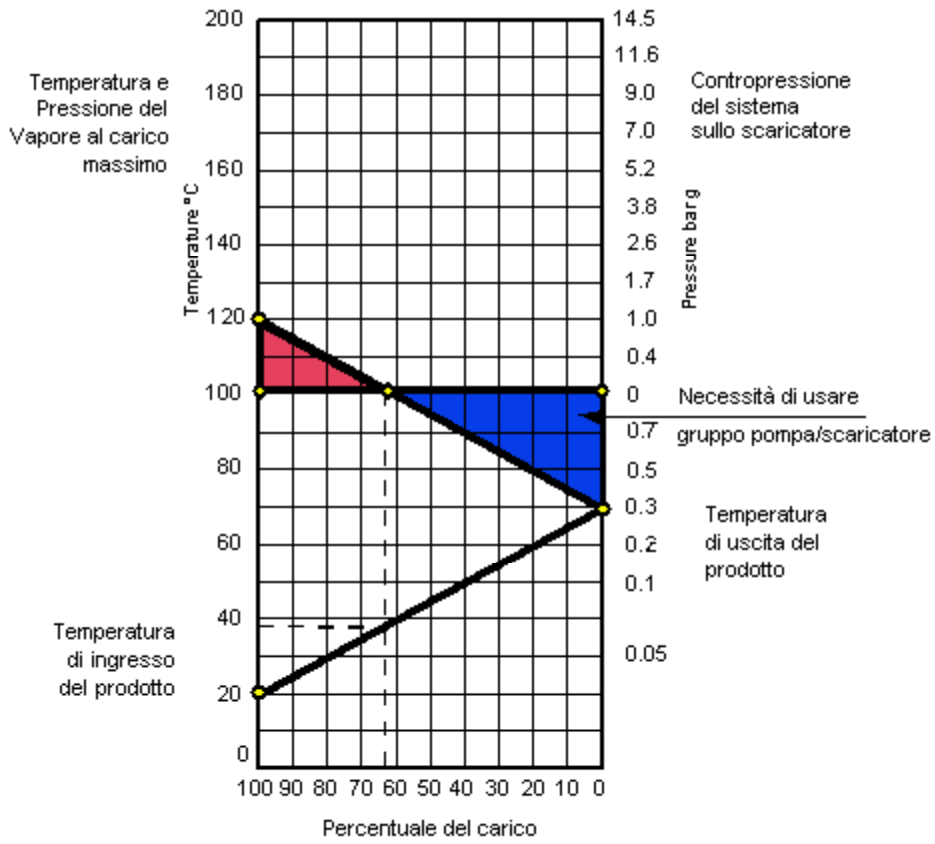


Fig. 8 - Diagramma di Stallo

- Non sono necessari controlli di livello per il serbatoio perché non necessario.
- Possono essere installate in aree definite pericolose.
- Può pompare condensato a temperatura di saturazione senza alcun pericolo di cavitazione.
- Manutenzione quasi inesistente.
- Possibilità di montaggio di più pompe in parallelo per portate molto elevate.
- Possibilità da parte di Spirax-Sarco di fornire Packages di gruppi premortati con tutte le certificazioni e collaudi richieste dalle normative vigenti (Fig. 10).

Da qualche anno la Spirax-Sarco ha realizzato e brevettato per piccole e medie portate di singoli apparecchi di scambio termico un apparecchio rivoluzionario per la soluzione del problema dello stallo "Unità automatica di scarico e pompaggio APT 14" che riunisce in sé tutte le caratteristiche ed i vantaggi dei sistemi di pompaggio e la semplicità operativa dello scaricatore di condensa a galleggiante (Fig.11 e Fig. 12).
Principio di funzionamento e caratteristiche tecniche come da nostre specifiche tecniche.

Fig. 9 - Pompa MFP 14

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

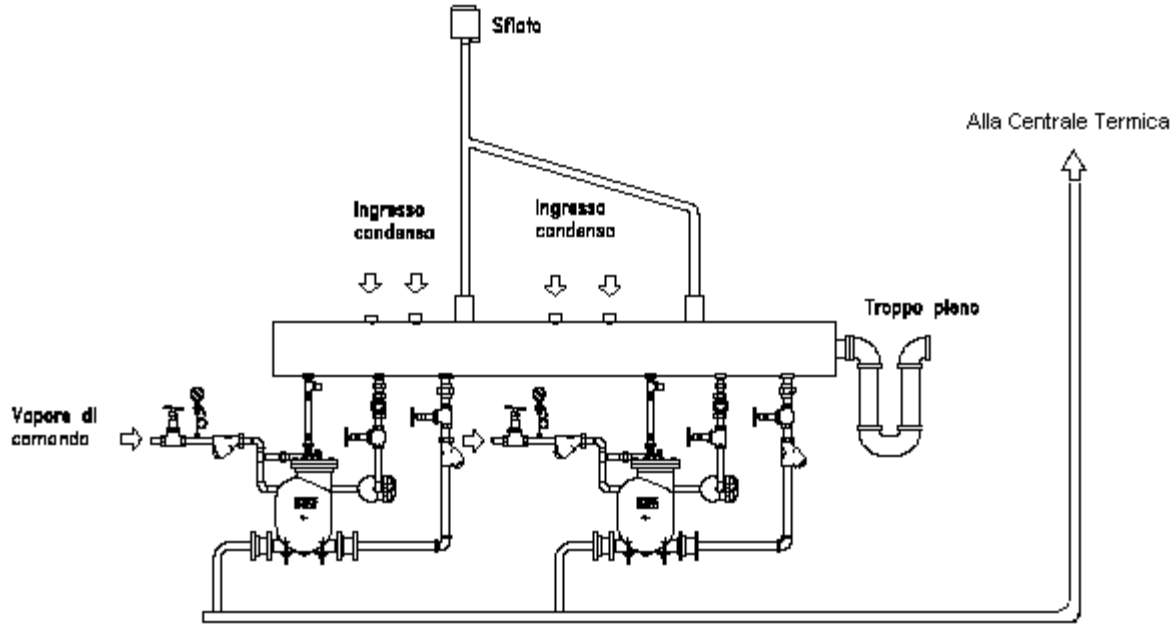


Fig. 10 — POMPE DI RILANCIO CONDENSA

Fig. 11 - Pompe APT 14

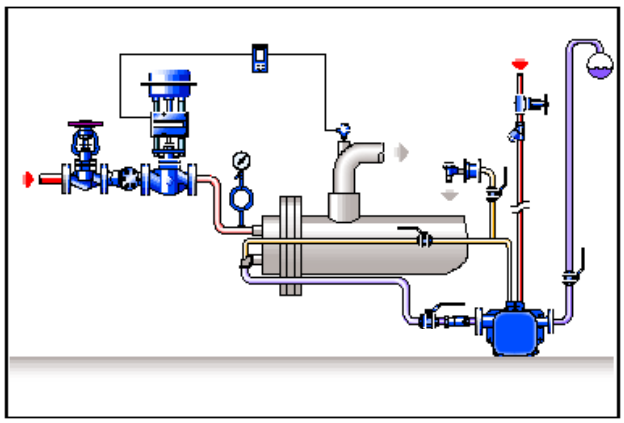


Fig. 12 – Installazione tipica dell' APT 14 per il drenaggio completamente automatico di uno scambiatore di calore termoregolato. Efficienza e autonomia sono assicurati in ogni fase del processo.

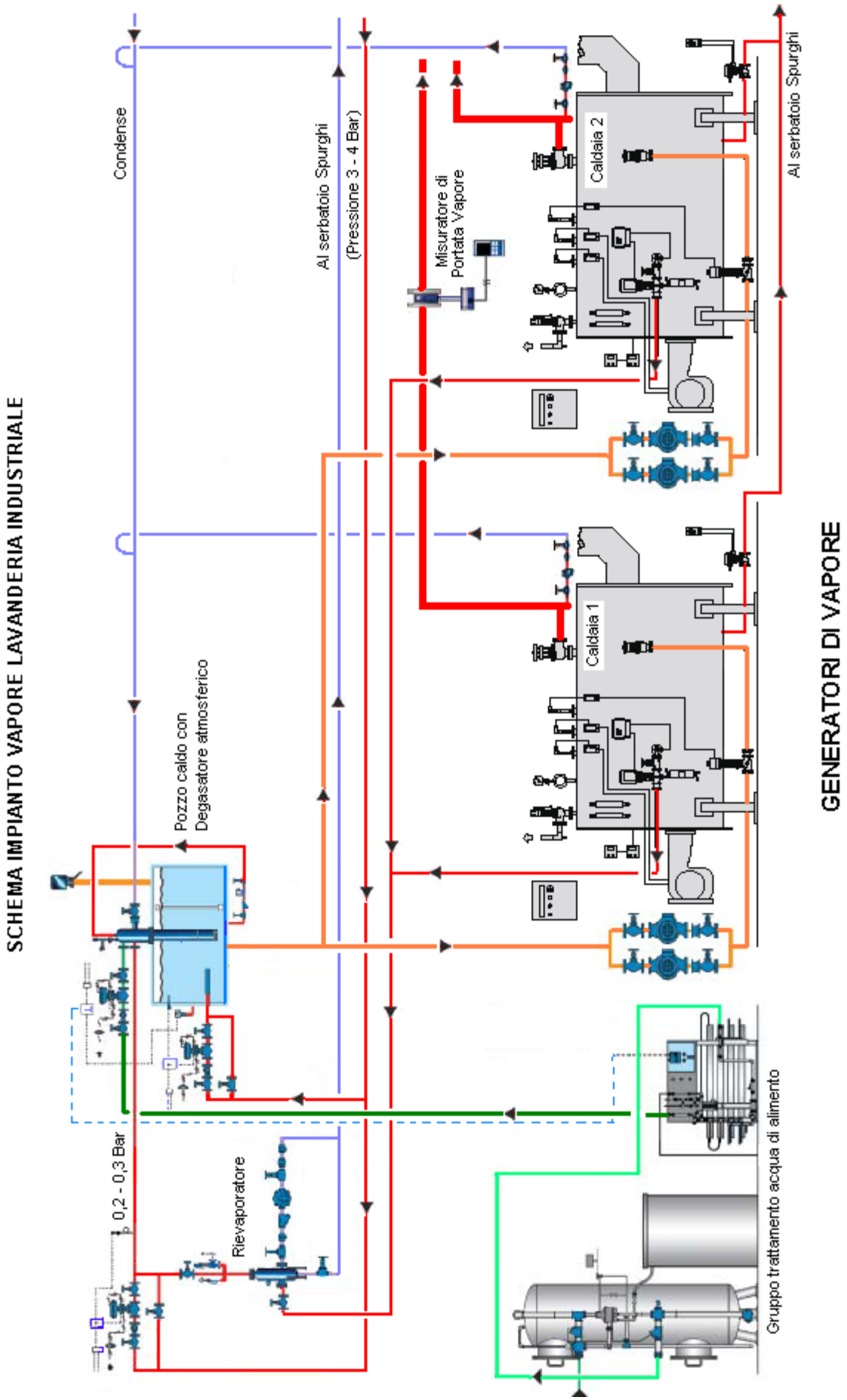
 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

CENTRALE TERMICA

INDICE

Argomento	Pagina
CENTRALE TERMICA (Schema)	**2**
Depurazione acqua di alimento	3
Degasazione acqua di alimento	3
Fenomeni derivanti da incondensabili	4
Generatore vapore (Caldaia)	5
Regolazione livello	5
Spurghi caldaia	5
Collettore di distribuzione vapore	7
Gruppi di rievaporazione e rilancio condense	9
Tabella perdite di carico tubazioni acqua	10
Schema gruppo rievaporazione e rilancio condensa	11
Gruppo produzione acqua calda per impianto di climatizzazione	12
Gruppo produz. Acqua calda sanitaria.	12
Schema impianti produzione acqua calda	13

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.



 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

CENTRALE TERMICA

A) Depurazione acqua di Alimento Generatori di Vapore

Premesso che i Generatori di Vapore tecnologico per produzione di Vapore nelle Lavanderie sono generalmente a tubi di fumo perché la pressione non supera mai i 20 Bar e la produzione è sempre al disotto delle 20 ton/h per ciascun generatore.

Le acque di alimento di un Generatore di Vapore debbono essere sempre sottoposte a trattamenti di depurazione adeguate sia all'impiego che ne viene fatto del Vapore che alla pressione di produzione, per i seguenti motivi:

-massimizzare l'economia di gestione

-per avere la massima sicurezza

-per massimizzare la durata degli impianti nel tempo

Il trattamento necessario per questa tipologia di impianto possono essere:

-Impianto di demineralizzazione oppure

-Impianto di addolcimento + Osmosi inversa

Tali trattamenti sono adeguati per il rispetto della **Norma CTI UNI 7550 "Requisiti delle acque per Generatori di Vapore e relativi impianti di trattamento"**

B) Degasazione acqua di Alimento Generatori di Vapore

L'ossigeno è un gas presente nelle acque in quantità inversamente proporzionale alla temperatura ed è una delle principali cause di corrosione dei componenti gli impianti Vapore e non solo.

Deve essere quindi eliminato con adeguati impianti di Degasazione.

E' evidente che per ridurre la quantità dei gas disciolti presenti nell'acqua di alimento dei Generatori di Vapore occorre aumentare la temperatura che però non è sufficiente alla loro completa eliminazione e per questo si ricorre a delle apparecchiature di degasazione (degasatori) con i quali la separazione dei gas disciolti viene favorita dall'effetto di stripping, cioè con l'atomizzazione o con la laminazione dell'acqua da degasare oltre al lavaggio con vapore a bassissima pressione inviato sulla testata degasatrice.

Fatta questa premessa precisiamo quanto segue:

1) Per poter degasare l'acqua di alimento caldaia si deve innalzare la sua temperatura e questo può avvenire in un degasatore termofisico che deve essere pressurizzato o attraverso un sistema come quello proposto dalla Spirax-Sarco a pressione atmosferica.

2) Il degasatore pressurizzato deve essere sottoposto al collaudo degli enti preposti come recipiente in pressione ed inoltre può provocare degli ostacoli all'evacuazione della condensa dalle varie utenze perché determina una contropressione agli scaricatori di condensa.

3) Il sistema Spirax-Sarco operando in un serbatoio atmosferico non ha bisogno di collaudo e non crea ostacoli alla evacuazione della condensa dalle utenze.

4) Si ha un notevole risparmio energetico e di acqua trattata se si fa affluire la condensa in una testata di miscelazione e degasazione; infatti la condensa che ritorna dalle utenze è ancora dotata di un notevole carico termico a causa del fatto che viaggia in tubazioni leggermente pressurizzate (dovute alle perdite di carico), può quindi in alcuni casi trovarsi intorno a circa 100-110°C. Se questa condensa la convogliamo direttamente in un serbatoio atmosferico una certa percentuale rievapora e si perde in atmosfera con notevoli danni economici; è evidente che facendola confluire in una testata di degasazione e miscelazione questa perdita si annulla perché si miscela all'acqua fredda di reintegro.

5) Le caldaie hanno il loro massimo rendimento con temperatura dell'acqua di alimento intorno agli 85-90°C; alimentare a temperature più basse oltre a diminuirne il rendimento provoca alcuni fenomeni estremamente dannosi: pendolazione del livello in caldaia, brusche variazioni di pressioni, aumento dei trascinamenti di acqua con conseguente basso titolo del vapore prodotto.

6) Aumentando la temperatura dell'acqua di alimento occorre dimensionare correttamente le tubazioni di adduzione in modo da fare defluire l'acqua alle pompe senza riduzioni della pressione dovuta al battente idrostatico ottenuto con la sovraelevazione del serbatoio di alimento caldaie (min. 2-2,5 metri) all'imbocco delle pompe pena il verificarsi di fenomeni di cavitazione che renderebbe inutilizzabile l'impianto di produzione vapore.

7) Il serbatoio di raccolta condense è buona norma che abbia una dimensione pari alla produzione oraria di vapore quando la regolazione del livello del Generatore di Vapore è del tipo on-off; quando la regolazione del livello è modulante si può anche ridurre del 50% ed oltre per Generatori di grande Potenzialità.

8) La temperatura dell'acqua di alimento dovrà essere mantenuta intorno ai 85 - 90°C mediante iniezione di vapore direttamente all'interno del pozzo caldo mediante appositi iniettori per il riscaldamento in fase di avviamento dell'impianto e per far fronte ai picchi di richiesta vapore al quale non corrisponde un immediato ritorno delle condense di uguale portata.

Indispensabile inviare sulla testata del degasatore vapore a bassissima pressione 0,2 - 0,3 Bar possibilmente vapore di rievaporazione (derivante da un sistema di rievaporazione delle acque di spurgo e/o condense relative a quelle utenze che utilizzano vapore a pressioni più alte) in quantità adeguata alla quantità dell'acqua di reintegro che si trova a temperatura ambiente.

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

Fenomeni derivanti dalla presenza di incondensabili

Reazioni chimiche in presenza di O_2 e di CO_2

L'Ossigeno contenuto nell'acqua assorbe facilmente elettroni dando origine ad un processo rappresentato dalla reazione chimica seguente:

$$O_2 + 4Fe + 2H_2O \longrightarrow 4OH^-$$

Le superfice metalliche interagiscono con la seguente reazione dando origine al processo corrosivo:

$$2Fe + O_2 + 2H_2O \longrightarrow 2Fe^{++} + 4OH^-$$

La presenza di Anidride Carbonica nei circuiti Vapore-Condensa dipende quasi esclusivamente dalla quantità di Carbonati e Bicarbonati presenti nell'acqua di alimento dando origine a reazioni chimiche abbassandone il PH con conseguente corrosione delle tubazioni e apparecchiature che costituiscono l'impianto:

$CO_2 + H_2O \longrightarrow H_2CO_3$ (Acido Carbonico)

$H_2CO_3 + Fe \longrightarrow FeCO_3 + H_2$ (Carbonato di ferro + Idrogeno)

$4\ FeCO_3 + 10\ H_2O + O_2 \longrightarrow 4\ Fe(OH)_3 + 4\ H_2CO_3$ (Idross. di Ferro + Acido Carboni.).

Cenno alla legge di Dalton applicabile alla miscela Gas / Vapore

La pressione di una miscela gassosa è la somma delle pressioni che avrebbe ciascun gas se da solo occupasse il volume della miscela

$$\mathbf{P = p_1 + p_2}$$

Consideriamo che i due gas occupano rispettivamente i Volumi $\mathbf{v_1}$ e $\mathbf{v_2}$ alle pressioni $\mathbf{p_1}$ e $\mathbf{p_2}$ **,** mescoliamoli a temperatura costante in un recipiente di Volume **V,** la legge di Boyle & Mariotti darà la pressione parziale di ognuno di essi:

$$\mathbf{p\ v = p_1\ v_2 = Costante}$$

quindi applichiamo la legge di Dalton per calcolare la pressione finale **P** della miscela:

$$\mathbf{P = p_1 + p_2 = \frac{p_1 v_1}{V} + \frac{p_2 v_2}{V}}$$

analogamente si puo' fare se inizialmente i due gas hanno temperature assolute differenti $\mathbf{T_1}$ e $\mathbf{T_2}$

Le pressioni parziali alla temperatura **T** nel volume **V** saranno date da:

$$\mathbf{\frac{p_1 V}{T} = \frac{p_1 v_1}{T_1}\ ;\ \frac{P V}{T} = \frac{p_1 v_1}{T_1} + \frac{p_2 v_2}{T_2}}$$

Quando non esiste correlazione tra Pressione e Temperatura per il Vapore Saturo, ma la temperatura è inferiore significa che miscelata con il Vapore c'è Aria che quindi bisogna eliminarla sia prima di inviare acqua in Caldaia per la produzione di Vapore con appositi Degasatori Atmosferici o Pressurizzati e l'installazione nei punti alti dell'impianto Eliminatori Termostatici di Aria.

Dati e componenti necessari per un Sistema di Degasazione a pressione atmosferica

a) Quantità max di Vapore prodotto in kg/h
b) Quantità di condensa recuperato in kg/h
c) Conduttività acqua di alimento Generatore
d) Conduttività all'interno del Generatore
e) Temperatura delle Condense
f) Temperatura dell'acqua di reintegro
g) Dimensioni geometriche del Serbatoio di alimento
h) Temperatura acqua di alimento Generatore (consigliabile 85 – 90°C)

Si calcola quindi la quantità oraria degli spurghi TDS necessari da effettuare in continuo dai Generatori di vapore con i nostri sistemi BCS che dovranno essere convogliati in un Rievaporatore RV (si tratta di un semplice serbatoio di separazione del vapore di rievaporazione e l'accqua contaminata dai sali) munito di tutti gli accessori indispensabili per recuperare l'energia termica prima di convogliarli in fogna. Il vapore prodotto a 0,2 – 0,3 Bar (che è circa il 15% dell'acqua di spurgo a 10 bar) sarà inviato nella testata di degasazione con funzione di stripping per l'acqua di reintegro ed in caso di quantità insufficiente sarà integrato con vapore vivo mediante una valvola di regolazione con funzione di riduttrice di pressione a 0,2 – 0,3 bar.

La condensa inquinata in uscita dal Rievaporatore RV con una temperatura di 105 –106°C può essere ancora raffreddata fino a 35°C (temperatura max imposta dalla legislazione prima di convogliarla agli scarichi) preriscaldando l'acqua di reintegro a mezzo di uno Scambiatore a piastre (vedi schema seguente).

Per la fase iniziale di messa in marcia dell'impianto e per mantenere la temperatura del pozzo caldo al valore 85 – 90°C è necessario prevedere un sistema di iniezione vapore a 3 – 4 bar mediante uno o più iniettori vapore con relativo controllo di temperatura.Prevedere sempre una pompa di ricircolo tra la testata di degasazione e la parte più bassa del pozzo caldo per evitare eventuali stratificazioni.

La testata di degasazione dimensionata in funzione della quantità di acqua da trattare e sarà dotata di attacchi di dimensioni adeguate alle portate:

- Quantità di condensa di ritorno dall'impianto
- Quantità di acqua di reintegro
- Quantità di vapore per lo strippaggio
- Attacco per il ricircolo
- Attacco per sfiato gas in condensabili e Rompivuoto

Il tubo d'immersione di lunghezza leggermente inferiore all'altezza del serbatoio atto a convogliare l'acqua di ritorno e di reintegro nella parte più bassa del serbatoio.

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

L'ingresso dell'acqua di reintegro sarà regolata mediante un controllo modulante del livello del serbatoio agendo tramite una valvola di regolazione; il controllo del livello deve essere del tipo modulante perché il vapore per lo stripping arrivando in continuo deve assolvere alla sua funzione con l'acqua di reintegro ed inoltre con questo sistema si può limitare anche le dimensioni del serbatoio di alimento.

C) Generatori di Vapore

In considerazione dell'utilizzo del Vapore nelle Lavanderie, anche di grosse dimensioni, sono sufficienti Generatori di Vapore con bollo di 12 o 15 Bar mentre le potenzialità variano in funzione della biancheria che debbono trattare, però tutti debbono assicurare l'erogazione del Vapore e per tale considerazione è necessario installare più generatori garantendo la ridondanza, nella maggio parte delle Lavanderie vengono installati N.2 Generatori di vapore di eguale potenzialità dove in funzione del carico ne viene mantenuto in esercizio n.1 oppure n.2 in parallelo.

Viste inoltre le potenzialità e le pressioni necessarie è consigliato l'utilizzo di Generatori a tubi di fumo.

Orientativamente si può ipotizzare un consumo di vapore pari a 3,5 – 4 kg di Vapore per ogni kg di biancheria.

Per una maggiore efficienza dei Generatori è sempre consigliabile una regolazione modulante del livello come schema di principio di fig. 1 costituito da:

- Misuratore Trasmettitore di portata ILVA o DIVA che trasmette i valori istantanei di portata all'unità di calcolo costituita dal CD 600
- Misuratore Trasmettitore di Livello di tipo Capacitivo o di Pressione differenz. Che invia il segnale all'unità di calcolo costituita dal CD 600
- Regolatore elettronico multi-loop CD 600 è una unità di calcolo che dispone di 4 loop di regolazione e funzioni matematiche multiple configurabili, come in questo caso che interviene correggendo la regolazione del livello in funzione del consumo effettivo istantaneo di vapore.
- Valvola di Regolazione pneumatica con posizionatore Elettropneumatico EP5/M o di tipo SMART SP2/M
- Accessori di linea quali Valvola di ritegno, Filtro, Valvole d'intercettazione ecc.

I Generatori di Vapore debbono inoltre essere dotati di Pressostati per il controllo della pressione, Interruttore di livello per allarme di minimo livello, Indicatore visivo di livello, Valvole di sicurezza dimensionate in funzione della potenzialità nominale oltre al controllo e lo spurgo in continuo del TDS e di una Valvola manuale o temporizzata per la defangazione.

I vantaggi di una Regolazione di livello modulante sono:

- Migliore qualità del Vapore
- Pressione e portata stabili
- Maggiore efficienza dei bruciatori
- Minore stress termico della caldaia
- Portata acqua alimento adeguata al carico della caldaia
- Possibilità di usare pompe comuni a più caldaie
- Minore manutenzione a pompe e bruciatori

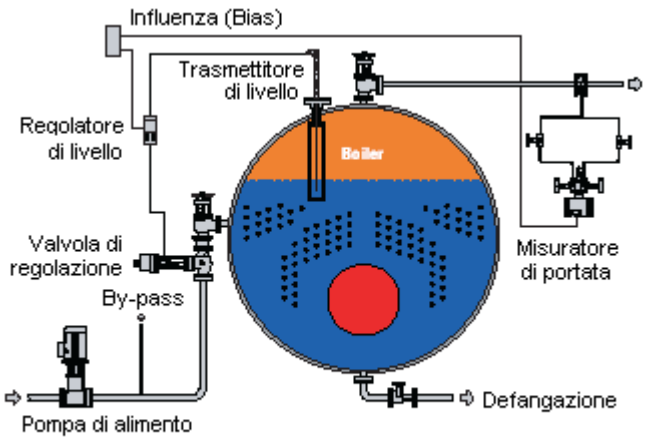


Fig. 1- Regolazione di livello a due elementi

Spurghi del TDS dei Generatori di Vapore

Il controllo automatico degli spurghi garantisce:

- Vapore più pulito alle utenze
- Limita le incrostazioni in Caldaia
- Mantiene il PH entro i limiti consentiti
- Permette un risparmio energetico perché evacua la quantità di acqua necessaria, ciò che non è possibile effettuare manualmente

La misura del TDS in ppm viene effettuate mediante la conducibilità dei campioni e corrisponde a:

TDS = (Conducibilità in μS/cm) x 0,7

(valido per campioni neutri a 25°C)

- Acidi ed Alcali hanno l'effetto di aumentare la conducibilità dell' acqua oltre i valori campione
- L'acqua di caldaia è normalmente mantenuta alcalina (pH 9 - 10) per prevenire la corrosione delle strutture e questo ha il risultato di aumentare la conducibilità dell'acqua stessa
- Per un campione tipico di acqua di caldaia non neutralizzata a 25 ^{o}C la conversione approssimativa da μS/cm a ppm sarà:

TDS = (conducibilita` in μS/cm) x 0,5

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

Massimo TDS tollerato per tipo di Caldaia	**TDS max (ppm)**
-Grande volume "Cornovaglia"	5.000 – 6.000
2 Passi a ricupero	3.000 – 3.500
Compatte a 3 passi a ricupero	2.500 – 3.000

Calcolo della portata di Spurgo

- F = TDS (ppm) dell'acqua di alimento
- B = TDS (ppm) previsto in caldaia
- S = Portata generazione caldaia (kg/h)
- **Portata da spurgare = $\frac{F \times S}{B - F}$**

Il sistema di controllo automatico del TDS:
Mantiene il livello del TDS in caldaia vicino al massimo ammissibile minimizzando perdite di calore ed acqua trattata

1. Previene il TDS elevato causa di trascinamenti nel vapore, contaminazioni dei prodotti e bloccaggio degli apparecchi
2. Contribuisce a mantenere pulita e senza scaglie la caldaia assicurando i parametri dell'acqua opportunamente trattata
3. Questi vantaggi vengono assicurati con il minimo di intervento manuale.

Dagli spurghi del TDS è possibile recuperare una quantità notevole di energia come si evince dal seguente esempio:
- F = TDS dell'acqua di alimento 250 ppm
- B = TDS previsto in caldaia 2.500 ppm
- S = Portata generazione caldaia 10.000 kg/h

$$\frac{F \times S}{B - F} = \frac{250 \times 10.000}{2.500 - 250} = \mathbf{1.111\ kg/h\ di\ Spurghi}$$

Ipotizzando che la caldaia funzioni a 10 Bar e gli spurghi vengono convogliati ad un Rievaporatore per produrre Vapore a 0,2 Bar per lo stripping dell'acqua di reintegro avremo:
Entalpia dell'acqua di spurgo a 184°C (10 Bar) = 186,8 kcal/kg
Entalpia dell'acqua dopo rievaporazione 0,2 Bar 106,2°C = 105,3 kcal/kg
Entalpia in eccesso = 186,8 – 105,3 = 81,5 kcal/kg = 81,5 x 1.111 = 90.546 Kcal/h
Entalpia del Vapore a 0,2 Bar = 536,2 kcal/kg

$$\text{Kg/h di Rievaporato} = \frac{90,546}{536,2} = \mathbf{168,86\ kg/h}$$

di vapore di rievaporazione.

Spurghi per la Defangazione dei Generatori di Vapore
Anche dopo accurati trattamenti dell'acqua di alimentazione, in Caldaia sono sicuramente presenti solidi disciolti e in sospensione che si accumulano sul fondo e debbono essere eliminati per prevenire:

- Ostruzione dei collegamenti allo spurgo
- Disomogenea trasmissione di calore
- Surriscaldamento localizzato con conseguente danneggiamenti alla Caldaia

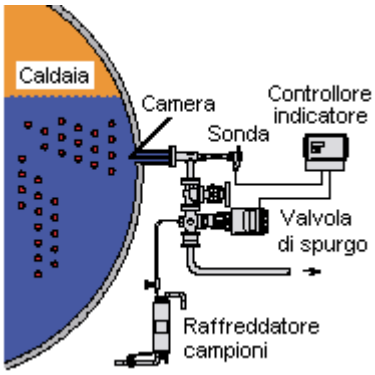


Fig. 2 – Controllo Automatico del TDS

A tale scopo la Spirax Sarco consiglia di effettuare uno spurgo temporizzato automatico come da Fig. 3, costituito da

- Valvola servoazionata pneumaticamente tipo BBV 980 A azionata ad intervalli di tempo prestabiliti da un temporizzatore BT 1000

Con i seguenti benifici per l'utente:

- Intervallo e durata dello spurgo regolabili
- Si evita la ripetizione o la dimenticanza dello spurgo
- La valvola chiude in mancanza di alimentazione
- Lo spurgo temporizzato automatico evita perdite di energia

Con un temporizzatore si possono collegare fino a 9 comandi di spurgo.

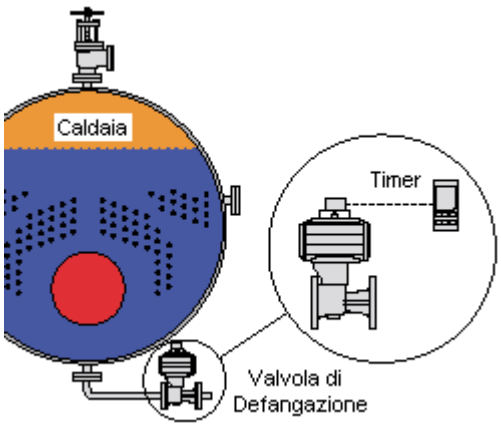
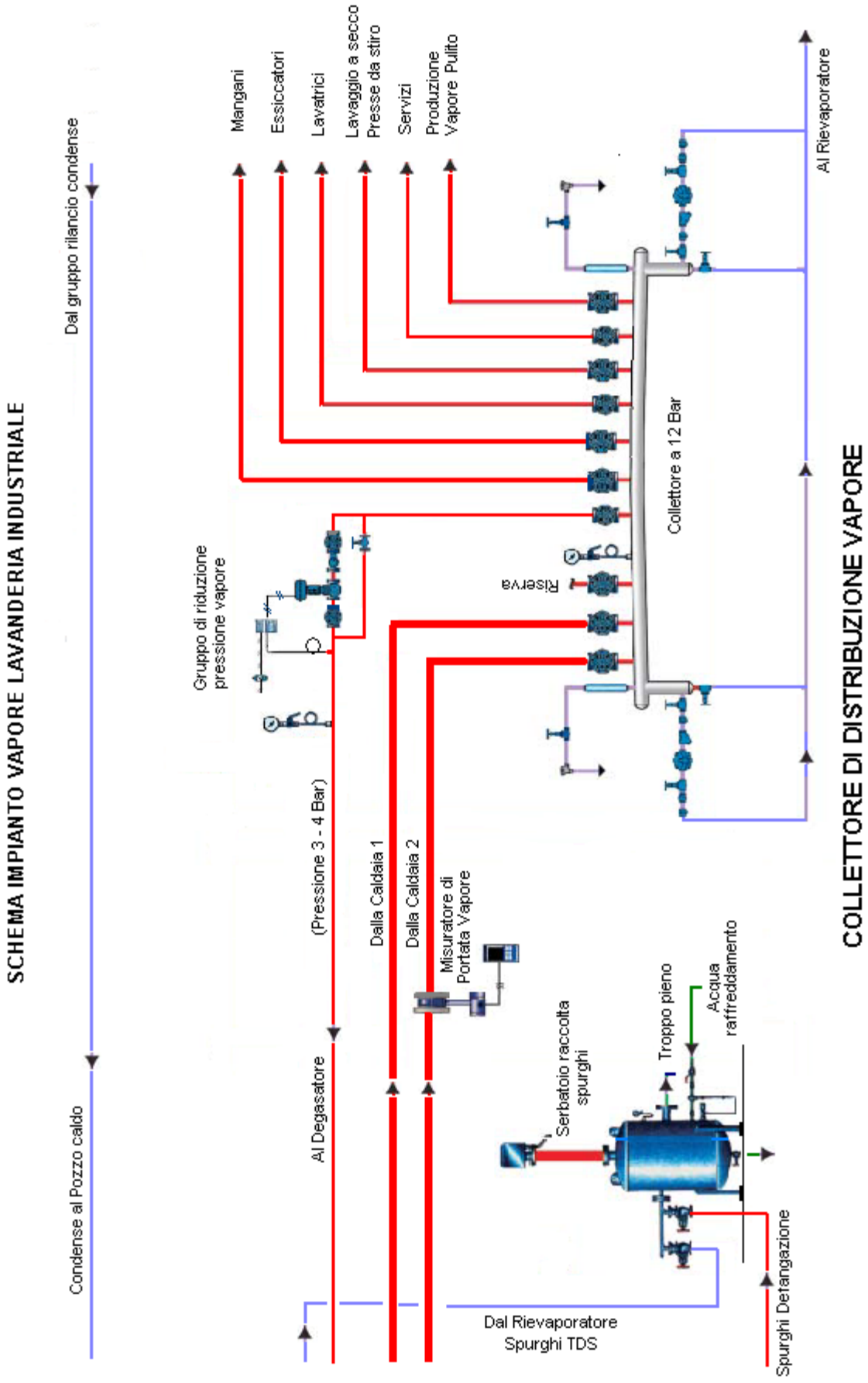


Fig. 3 – Sistema automatico di Defangazione

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.



 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

Serbatoio raccolta spurghi di Caldaia
Gli Spurghi derivanti dal TDS e dalla Defangazione prima di convogliarli negli scarichi è necessario far decantare le parti solide e raffreddarli alla temperatura inferiore ai 35°C come previsto dalla legislazione.

Collettore di distribuzione Vapore
I Collettori di distribuzione Vapore hanno il compito di ricevere Vapore dai Generatori e distribuirlo alle varie utenze e sottocentrali presente, quindi il dimensionamento (diametro) deve essere calcolato in funzione della quantità massima di vapore kg/h che riceve mentre la lunghezza è condizionata dal diametro e dal numero delle tubazioni in arrivo e in partenza. Deve inoltre essere realizzato secondo le vigenti normative Europee P.E.D. (97/23/CE).
Un calcolo rapido per determinare il diametro può essere il seguente:

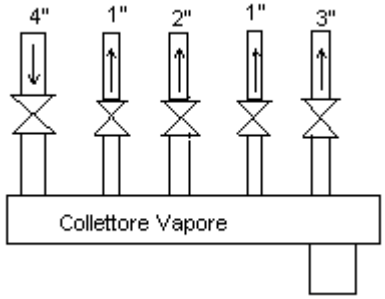
$$D(cm) = \sqrt{\frac{\text{Sup. tot. tuaz. in uscita + 50\%}}{0{,}785}}$$

Il collettore deve essere sempre munito di una tasca di raccolta in un lato o in ambo i lati, se molto lungo, per la raccolta della condensa che sarà poi evacuata da un adeguato Scaricatore di condensa rigorosamente del tipo meccanico (Galleggiante o Secchiello rovesciato)

Per comodità diamo di seguito le sezioni di alcune tubazione:

Ø Tubazione	Diametro Nomin. DN	Ø Esterno mm.	Ø Interno mm.	Sezione Area interna cm^2
½"	15	21,3	18,6	2,19
¾"	20	26,9	22,2	3,91
1"	25	33,7	27,9	6,11
$1^{1/4}$"	32	42,4	36,6	10,50
$1^{1/2}$"	40	48,3	42,5	14,20
2"	50	60,3	53,8	22,80
$2^{1/2}$"	65	76,1	69,6	38,20
3"	80	88,9	81,6	52,40
4"	100	114,3	106,2	88,70
5"	125	139,7	129,9	134,00
6"	150	165,0	155,2	197,00
8"	200	216,0	204,0	343,00
10"	250	267,0	254,0	508,00

Esempio di calcolo di un collettore di distribuzione vapore:

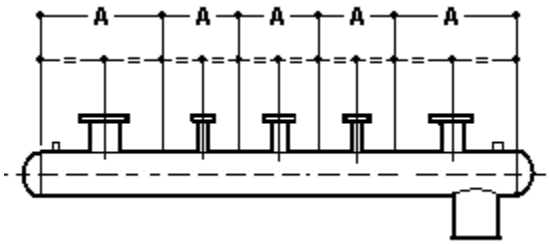


Entrata: N°1 Tubazione da 4"
Uscita: N°1 Tubazione da 1"
N°1 Tubazione da 2"
N°1 Tubazione da 1"
N°1 Tubazione da 3"

Effettuare la somma delle sole sezioni in uscita
6,11+22,80+6,11+52,40+50% = 131,13 cm^2

$$D(cm) = \sqrt{\frac{131{,}13}{0{,}785}} = 12{,}93\ cm = 129{,}3\ mm$$

Viene scelto un diametro uguale o immediatamente superiore a quello corrispondente al Ø esterno della tabella.
Nel nostro caso si dovrà realizzare il collettore con un diametro esterno da 139,7 mm corrispondente a un 5".



Orientativamente per determinare la lunghezza dei collettori considerare le seguenti distanze tra gli attacchi in funzione del diametro:

Attacco DN	15	20	25	32	40	50	65
A mm.	220	220	220	240	300	300	340
Attacco DN	80	100	125	150	200	250	300
A mm.	400	450	470	500	650	680	750

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

GRUPPI DI RIEVAPORAZIONE E RILANCIO DELLE CONDENSE

Il processo delle Lavanderie Industriali è ottimale per il ricupero energetico attraverso la rievaporazione delle condense perché ci sono macchinari che funzionano a differenti pressioni del vapore.

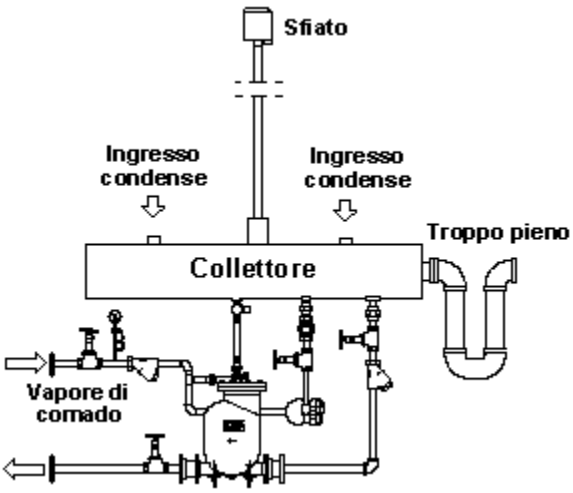
Ad esempio secondo lo schema seguente ci sono alcuni macchinari (Mangani, Essiccatoi, ecc.) hanno la necessità di essere alimentate ad una pressione costante, che può variare da 8 a 12 Bar in funzione del tipo, ed altri macchinari (Presse, lavasecco, ecc.) hanno la necessità di essere alimentate con vapore a 4 Bar; ci sono poi utenze relative ai servizi, come produzione di acqua calda sanitaria e produzione di acqua calda per gli impianti di Climatizzazione che possono tranquillamente ssere alimentate con vapore alla pressione di 1 Bar.

Come funzionano questi sistemi di Rievaporazione?

La condensa evacuata dagli scaricatori a bordo delle macchine alimentate con Vapore a 8 – 12 Bar dovrà essere convogliata in un rievaporatore "RV" di adeguate dimensioni per rievaporare parte delle condense sottraendo l'entalpia in esse contenuta producendo vapore a 4 Bar idoneo all'alimentazione di macchinari funzionanti a questa pressione, la quantità prodotta non è sicuramente sufficiente quindi si ricorre allo spillamento del vapore ad alta pressione passando attraverso un gruppo di riduzione atto a ridurre la pressione a 4 Bar come richiesto.

Anche le condense a 4 Bar hanno ancora un contenuto energetico elevato perciò è consigliabile inviare queste condense in un secondo Rievaporatore "RV" per produrre vapore a bassissima pressione 0,5 – 1 Bar che può essere utilizzato per il riscaldamento acqua dei servizi di stabilimento, anche in questo caso se il vapore di rievaporazione non è sufficiente alla richiesta si ricorre allo spillamento attraverso un gruppo di riduzione della pressione come illustrato nello schema. Altra applicazione del vapore di rievaporazione a bassissima pressione può essere quello di preriscaldare acqua di alimentazione delle lavatrici attraverso un gruppo di scambio termico (Scambiatore di calore). E' sconsigliabile, come fanno alcune Lavanderie Industriali, preriscaldare l'acqua di alimentazione lavatrici iniettando direttamente vapore di rievaporazione o condense provenienti da presse, mangani, essiccatori ecc. perché trattasi di acqua demineralizzata o nella maggioranza dei casi osmotizzata ed ai fini del bilancio termico non si ottiene nessun vantaggio economico.

Come si evince dallo schema seguente, le condense derivanti dal rievaporatore e dagli scambiatori funzionanti a bassissima pressione non ha l'energia necessaria per ritornare nel serbatoio di alimento dei Generatori di vapore, ma la Spirax Sarco tra la vasta gamma dei suoi prodotti per gli impianti vapore produce pompe meccaniche di rilancio a distanza delle condense alimentate con il vapore o con aria compressa, senza la necessità di installare serbatoi, controlli di livello e quant'altro necessita per un gruppo di rilancio con pompe centrifughe.



Gruppo di rilancio condense con Pompa " MFP 14"

Il funzionamento di queste pompe è caratterizzato da alternanze di fasi di pompaggio e di fasi di inattività in cui la pompa riceve il liquido che verrà poi spinto nella tubazione con una portata istantanea sensibilmente più elevata rispetto alla portata media oraria, pertanto la perdita di carico della tubazione di mandata dovrà essere determinata considerando una portata che sarà il minor valore tra la portata media oraria moltiplicata per un fattore di 6 e la portata massima di 30.000 kg/h. Per maggiore chiarezza:

Portata media oraria =3.000 kg/h

3.00 x 6 = 18.000 kg/h < 30.000 kg/h

Per i dettagli del calcolo vedere la nostra specifica tecnica TI-P136-05.

Le velocità massime della condensa consigliate nella tubazione di mandata sono:

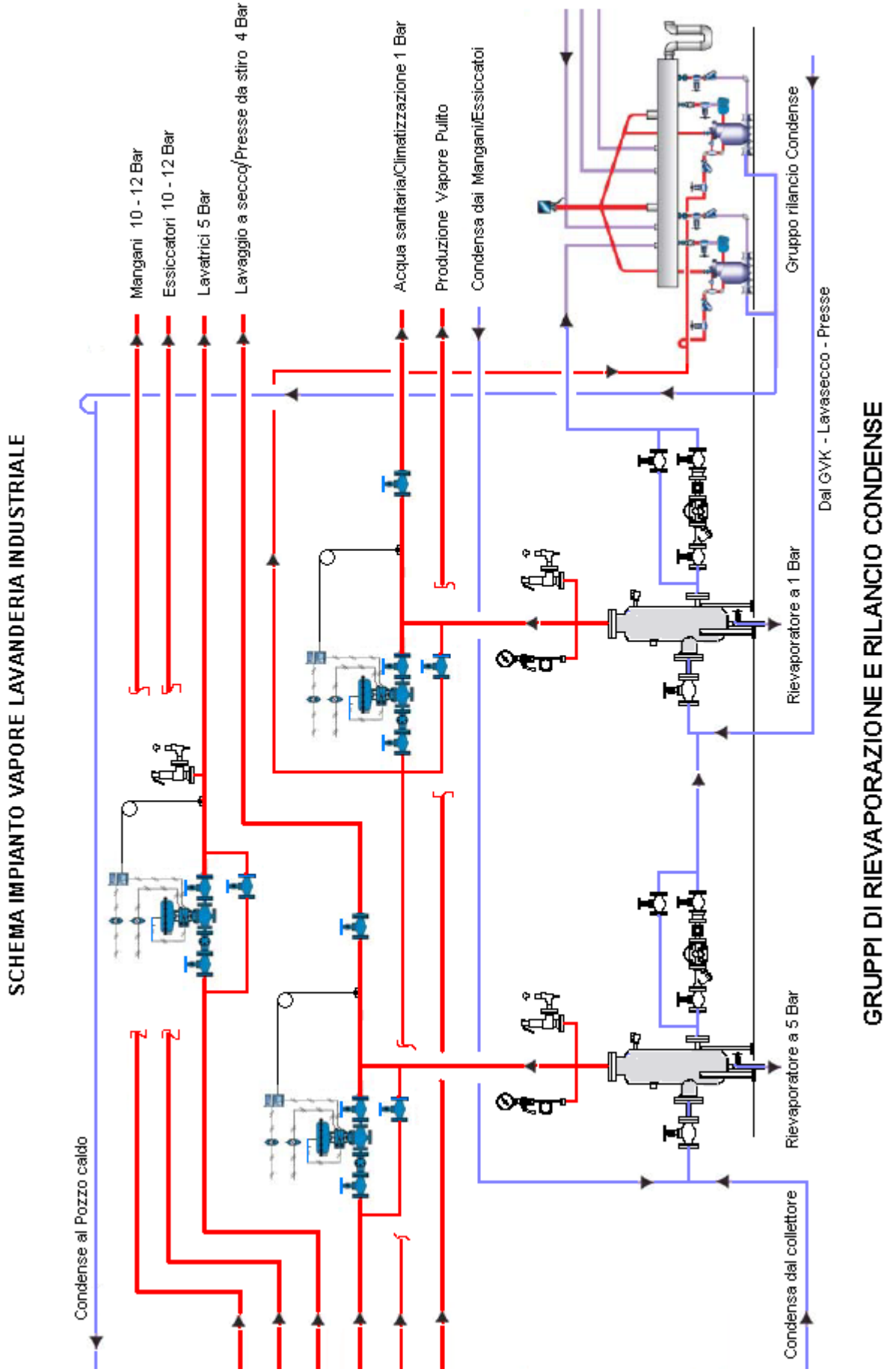
DN tubazion.	15	20	25	32	40	50	65	80	100
Velocità m/sec	0,6	0,8	1	1,2	1,3	1,5	1,8	1,9	2,4

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

Tabella Perdite di carico dell'acqua (fino a 99° C) in tubazioni di acciaio

Diametro nominale	⅜"	½"	¾"	1"	1¼"	1½"	2"	–	–	2½"	3"	–	4"	5"	6"	8"	10"
Diametro interno (mm)	12,25	15,75	21,25	27	35,75	41,25	51	54	64	70	82	94	100	125	150	204	257
Perdite di carico (mmH_2O/m)	Portata d'acqua (kg/h) Velocità dell'acqua (m/sec)																
3	55 0,13	108 0,16	244 0,2	469 0,24	998 0,28	1.460 0,3	2.660 0,36	3.070 0,37	4.720 0,42	6.020 0,44	9.320 0,5	13.400 0,53	15.800 0,55	28.000 0,65	45.500 0,75	102.000 0,9	181.000 1
3,3	55,8 0,14	114 0,17	261 0,22	495 0,24	1.050 0,3	1.540 0,34	2.810 0,38	3.230 0,39	4.960 0,44	6.320 0,46	9.770 0,5	14.100 0,56	16.600 0,6	29.500 0,7	47.800 0,75	107.000 0,95	190.000 1,1
3,6	60,8 0,15	120 0,16	273 0,22	519 0,26	1.100 0,32	1.620 0,34	2.940 0,4	3.390 0,41	5.200 0,46	6.610 0,5	10.300 0,55	14.800 0,59	17.400 0,65	31.000 0,7	49.800 0,8	112.000 1	199.000 1,1
4	64,5 0,16	127 0,19	289 0,24	545 0,28	1.160 0,34	1.710 0,36	3.110 0,42	3.580 0,43	5.520 0,5	7.000 0,5	10.900 0,6	15.600 0,62	18.400 0,65	32.800 0,75	52.600 0,85	118.000 1	210.000 1,2
4,5	68,8 0,17	136 0,2	309 0,24	583 0,3	1.240 0,36	1.820 0,4	3.300 0,46	3.810 0,46	5.870 0,5	7.440 0,55	11.500 0,6	16.600 0,66	19.500 0,7	34.900 0,8	55.700 0,9	125.000 1,1	223.000 1,3
5	73,1 0,18	144 0,22	325 0,26	615 0,3	1.310 0,38	1.930 0,42	3.490 0,48	4.020 0,49	6.210 0,55	7.870 0,6	12.200 0,65	17.500 0,7	20.600 0,75	36.800 0,85	59.000 0,95	135.000 1,2	236.000 1,3
5,5	77,6 0,19	151 0,22	344 0,28	645 0,32	1.380 0,4	2.040 0,44	3.650 0,5	4.220 0,51	6.520 0,6	8.310 0,6	12.900 0,7	18.450 0,74	21.700 0,8	38.600 0,9	61.900 1	139.000 1,2	247.000 1,4
6	81,3 0,2	159 0,24	360 0,3	679 0,34	1.450 0,42	2.140 0,46	3.830 0,55	4.430 0,54	6.820 0,6	8.690 0,65	13.500 0,7	19.300 0,77	22.700 0,8	40.300 0,95	65.000 1,1	146.000 1,3	259.000 1,5
6,5	84,6 0,2	167 0,24	376 0,3	707 0,36	1.510 0,44	2.240 0,48	3.990 0,55	4.610 0,55	7.120 0,65	9.070 0,65	14.100 0,75	20.150 0,8	23.700 0,85	41.900 1	67.800 1,1	151.000 1,3	270.000 1,5
7	87,9 0,22	173 0,26	391 0,32	738 0,36	1.580 0,44	2.330 0,5	4.150 0,55	4.800 0,58	7.410 0,65	9.440 0,7	14.600 0,8	20.950 0,84	24.700 0,9	43.500 1	70.600 1,1	158.000 1,4	281.000 1,6
7,5	91,6 0,22	180 0,26	406 0,32	766 0,38	1.630 0,46	2.410 0,5	4.320 0,6	5.000 0,6	7680 0,7	9.810 0,75	15.200 0,8	21.700 0,87	25.500 0,9	45.100 1,1	73.300 1,2	164.000 1,4	292.000 1,6
8	94,6 0,24	186 0,26	419 0,34	798 04	1.690 0,48	2.490 0,55	4.470 0,6	5.160 0,62	7950 0,7	10.100 0,75	15.700 0,85	22.450 0,9	26.400 0,95	46.700 1,1	75.800 1,2	169.000 1,5	301.000 1,7
9	101 0,24	199 0,3	447 0,33	850 0,42	1.800 0,5	2.650 0,55	4.770 0,65	5.500 0,67	9.460 0,75	10.800 0,8	16.600 0,9	23.850 0,95	28.100 1	49.600 1,2	80.400 1,3	180.000 1,6	318.000 1,8
10	107 0,26	211 0,32	474 0,38	900 0,44	1.900 0,55	2.800 0,6	6.050 0,7	6.820 0,71	8940 0,8	11.400 0,85	17.600 0,95	25.250 1	29.700 1,1	52.400 1,2	84.800 1,4	190.000 1,7	336.000 1,9
11	113 0,28	222 0,32	500 0,4	946 0,48	2.000 0,55	2.940 0,65	5.310 0,75	6.120 0,74	9400 0,85	11.900 0,9	18.500 1	26.500 1	31.200 1,1	55.100 1,3	89.000 1,4	199.000 1,7	354.000 2
12	118 0,28	233 0,34	524 0,42	992 05	2.090 0,6	3.080 0,65	5.550 0,75	6.400 0,77	9830 0,85	12.500 0,95	19.300 1	27.750 1,1	32.700 1,2	57.600 1,3	93.400 1,5	209.000 1,8	371.000 2
14	128 0,32	252 0,36	570 0,46	1.070 0,55	2.270 0,65	3.340 0,7	6.020 0,85	6.950 0,84	10.700 0,95	13.500 1	20.900 1,1	30.100 1,2	35.400 1,3	62.500 1,5	101.000 1,6	225.000 2	401.000 2,2
16	137 0,34	271 0,4	611 0,5	1.150 06	2430 0,7	3.580 0,75	6.450 0,9	7.460 09	11.500 1	14.500 1,1	22.400 1,2	32.350 1,3	37.900 1,4	67.000 1,6	108.000 1,8	241.000 2,2	429.000 2,4
18	146 0,36	289 0,42	648 0,5	1.220 06	2600 0,75	3.810 0,8	6.850 0,95	7.920 0,96	12.200 1,1	15.400 1,1	23.800 1,3	34.200 1,4	40.200 1,4	71.100 1,7	115.000 1,9	256.000 2,2	455.000 2,6
20	155 0,38	307 0,46	687 0,55	1.290 0,65	2750 0,8	4.020 0,85	7.240 1	8.360 '	12.900 1,1	16.300 1,2	25.100 1,3	36.100 1,4	42.400 1,5	74.900 1,7	121.000 2	271.000 2,4	480.000 2,8
22	163 0,4	322 0,46	723 0,6	1.360 07	2890 0,8	4.260 0,9	7.640 1	8.820 11	13.500 1,2	17.100 1,3	26.500 1,4	37.950 1,5	44.600 1,6	78.700 1,8	127.000 2	284.000 2,4	507.000 2,8
24	171 0,42	337 0,5	757 0,6	1.430 07	3030 0,85	4.420 0,95	7.970 1,1	9.185 11	14.200 1,3	17.900 1,3	27.700 1,5	39.700 1,6	46.600 1,7	82.300 1,9	133.000 2,2	296.000 2,6	532.000 3
26	179 0,44	352 0,5	790 0,65	1.490 0,75	3160 0,9	4.610 1	8.310 1,1	9.605 12	14.700 1,3	18.700 1,4	28.800 1,5	41.400 1,6	48.600 1,7	85.700 2	139.000 2,2	309.000 2,8	
28	186 0,46	367 0,55	822 0,65	1.550 08	3290 0,95	4.800 1	8.640 1,2	9.970 1,2	15.300 1,4	19.400 1,4	29.900 1,5	42.950 1,7	50.400 1,8	89.100 2	144.000 2,4	322.000 2,9	
30	193 0,46	381 0,55	852 0,7	1.610 08	3410 1	4.970 1,1	8.970 1,2	10.335 12	15.900 1,4	20.100 1,5	31.000 1,7	44.500 1,8	52.200 1,9	92.300 2,2	150.000 2,4	334.000 3	
35	214 0,5	421 0,6	933 0,75	1.770 09	3750 1,1	5.480 1,2	9.860 1,4	1.380 14	17.400 1,5	22.100 1,6	34.000 1,8	48.800 1,9	57.300 2	101.000 2,4	164.000 2,6		
40	226 0,55	447 0,65	989 0,8	1.870 0,95	3960 1,1	5.790 1,2	10.400 1,4	12.000 14	18.400 1,6	23.300 1,7	35.900 1,9	51.550 2	60.500 2,2	107.00 2,4	173.000 2,8		
45	240 0,6	475 0,7	1.050 0,85	1.990 1	4210 1,2	6.140 1,3	11.100 1,5	12.750 15	19.600 1,7	24.800 1,8	38.000 2	54.750 2,2	64300 2,4	114.000 2,6	184.000 3		
50	254 0,6	502 0,75	1.110 0,9	2.100 1	4450 1,3	6.470 1,4	11.700 1,6	13.450 16	20.600 1,8	26.200 1,9	40.200 2,2	57.900 2,3	67.800 2,4	120.000 2,8			
55	267 0,65	527 0,75	1.170 0,95	2.210 11	4680 1,3	6.810 1,5	12.300 1,7	14.150 17	21.700 1,9	27.600 2	42.200 2,2	60.650 2,4	71.200 2,6	126.000 3			
60	280 0,7	552 0,8	1.230 1	2.310 12	4900 1,4	7.120 1,5	12.800 1,8	14.750 18	22.700 2	28.900 2,2	44.200 2,4	63.450 2,5	74.500 2,6	132.000 3			
65	292 0,7	574 0,85	1.280 1	2.420 12	5100 1,5	7.430 1,6	13.400 1,8	15.400 18	23.600 2,2	30.000 2,2	46.100 2,4	66.150 2,6	77.600 2,8				
70	304 0,75	597 0,9	1.330 1,1	2.500 13	5300 1,5	7.710 1,6	13.900 1,9	16.000 19	24.500 2,2	31.100 2,4	47.900 2,6	68.700 2,7	80.600 3				
75	315 0,75	619 0,9	1.380 1,1	2.590 13	5490 1,6	7.990 1,7	14.400 2	16.350 2	25.400 2,2	32.200 2,4	49.600 2,6	71.050 2,8	83300 3				
80	326 0,8	640 0,95	1.430 1,2	2.680 13	5670 1,6	8.260 1,8	14.900 2	17.150 21	26.300 2,4	33.300 2,4	51.400 2,8	74.00 2,9					
90	347 0,85	682 1	1.520 1,2	2.860 14	6020 1,7	8.870 1,9	15.800 2,2	18.200 22	27.900 2,4	35.400 2,6	54.600 3	78.800 3,1					
100	366 0,9	722 1,1	1.600 1,3	3.020 15	6350 1,8	9.260 2	16.700 2,2	19.200 23	29.500 2,6	37.400 2,8	57.500 3						

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.


SCHEMA IMPIANTO VAPORE LAVANDERIA INDUSTRIALE
GRUPPI DI RIEVAPORAZIONE E RILANCIO CONDENSE
Mangani 10 - 12 Bar
Essiccatori 10 - 12 Bar
Lavatrici 5 Bar
Lavaggio a secco/Presse da stiro 4 Bar
Acqua sanitaria/Climatizzazione 1 Bar
Produzione Vapore Pulito
Condensa dai Mangani/Essiccatoi
Gruppo rilancio Condense
Dal GVK - Lavasecco - Presse
Rievaporatore a 1 Bar
Rievaporatore a 5 Bar
Condense al Pozzo caldo
Condensa dal collettore

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

Produzione di acqua calda per gli impianti di Climatizzazione

Anche nelle Lavanderie Industriali c'è la necessità di produrre acqua calda a circuito chiuso per la climatizzazione degli uffici e dei reparti di lavorazione, è quindi necessario prevedere un gruppo di scambio termico tra Vapore di rievaporazione di condense provenienti da utenze a 4 bar e integrato attraverso un gruppo di riduzione della pressione da vapore di Caldaia come indicato negli schemi allegati.

A questo scopo si consiglia utilizzare vapore alla pressione più bassa possibile per avere il massimo ricupero di rievaporato che altrimenti, in molti casi, verrebbe disperso in atmosfera con spreco di acqua trattata ed energia termica, proprio per questi motivi consigliamo di alimentare il gruppo di produzione acqua calda ad 1 Barg.

Il sistema è costituita da:

Scambiatore di calore a fascio tubero ad "U" Serie UP della Spirax Sarco con fluido primario vapore ad 1 Barg, fluido secondario acqua in circolazione forzata con andata a 85°C e ritorno dall'impianto a 70°C (temperature comunemente usate per gli impianti di climatizzazione); inoltre ogni Scambiatore di calore deve essere dotato di sicurezze e protezioni come previsto dalla Raccolta "R" D.M. del 01/12/1975 e successive modifiche.

Il gruppo è costituiti da:

- Valvola di Regolazione e di blocco fluido primario (vapore)
- Termostato di regolazione e termostato di blocco a riarmo manuale.
- Una o più valvole di sicurezza da montare sul circuito secondario (acqua calda), n.1 fino ad una potenzialità di 500.000 kcal/h, per potenzialità superiori almeno due valvole di sicurezza. Le valvole di sicurezza sono obbligatorie quando nel sistema viene inserito un vaso di espansione chiuso, non sono invece necessarie con vaso di espansione aperto.
- Termometro con scala 0 – 120°C.
- Manometro con fondo scala 1,5 – 2 volte la pressione massima di esercizio dell'impianto.
- Vaso di espansione chiuso (consigliabile un vaso di espansione a membrana perché nelle Lavanderie questi impianti non sono mai di grandi dimensioni). La formula per il dimensionamento dei vasi di espansione a membrana è la seguente:

$$V = \frac{E}{1 - \frac{P_i}{P_f}}$$

Di cui:

V = Volume del vaso in litri

E = Volume di espansione in litri

P_i = Pressione assoluta iniziale in bar a cui è precaricato il cuscino di gas e che dovrà corrispondere alla pressione idrostatica nel punto in cui viene installato il vaso aumentata di una quantità stabilita dal progettista e comunque non inferiore a 0,15 bar

P_f = Pressione massima assoluta di esercizio In bar, pari alla pressione di taratura della Valvola di sicurezza diminuita di una quantità corrispondente al dislivello di quota esistente tra vaso di espansione e valvola di sicurezza se quest'ultima è posta più in basso ovvero aumentata se posta più in alto.

Coefficienti di espansione dell'acqua con Temperatura iniziale di 15°C:

Temperatura finale					
40°C	45°C	50°C	55°C	60°C	65°C
0,0060	**0,0079**	**0'0099**	**0,0121**	**0,0145**	**0,0171**
Temperatura finale					
70°C	75°C	80°C	85°C	90°C	95°C
0,0198	**0,0226**	**0,0257**	**0,0289**	**0,0323**	**0,0358**

Il Volume di Espansione **E** = Contenuto acqua impianto x Cefficiente di Espansione.

Produzione di acqua calda per uso Igienico-Sanitario

Anche nelle Lavanderie Industriali anche se non sono necessari grossi quantitativi è necessario produrre acqua calda per usi igienico sanitari.

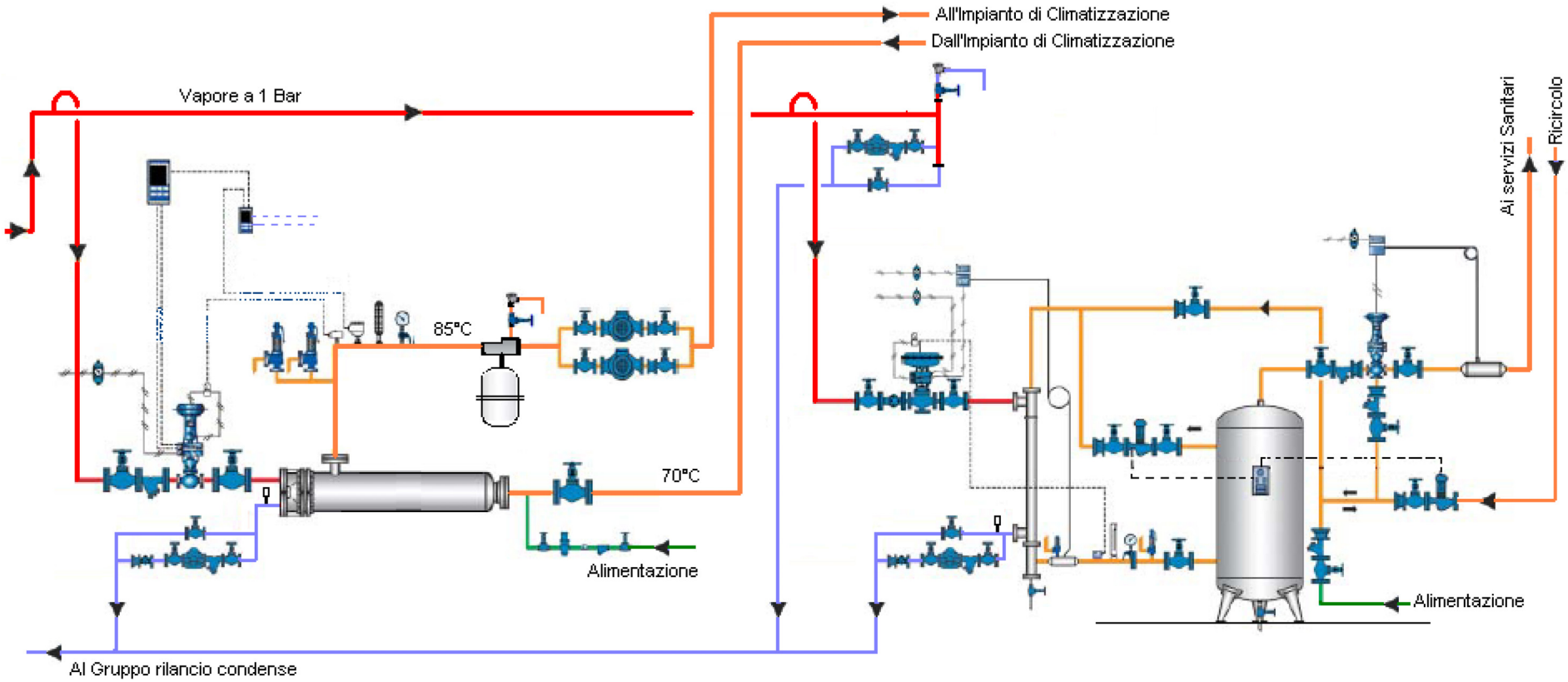
A tale scopo la Spirax Sarco consiglia la realizzazione di un gruppo costituito da Scambiatore istantaneo in acciaio inossidabile con il ricircolo con un serbatoio (anche esso in acciaio inossidabile) di limitate dimensioni. La pompa di ricircolo deve avere una portata tale da mantenere all'interno dello scambiatore ove circola l'acqua sanitaria una velocità tra 0,5 – 1 m/sec. anche in assenza di consumo per l'autopulizia dello scambiatore evitando possibili incrostazioni.

Si consiglia inoltre produrre acqua calda a circa 80°C con un sistema di miscelazione con valvola di regolazione a tre vie in modo da inviare alle utenze acqua alla temperatura di 48 – 50°C.

Il sistema deve comunque essere realizzato come indicato nel seguente schema in rispondenza alle vigenti normative: Raccolta "R" D.M. del 01/12/1975 e successive modifiche.

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

SCHEMA IMPIANTO VAPORE LAVANDERIA INDUSTRIALE



PRODUZIONE ACQUA CALDA PER USI IGIENICI E CLIMATIZZAZIONE

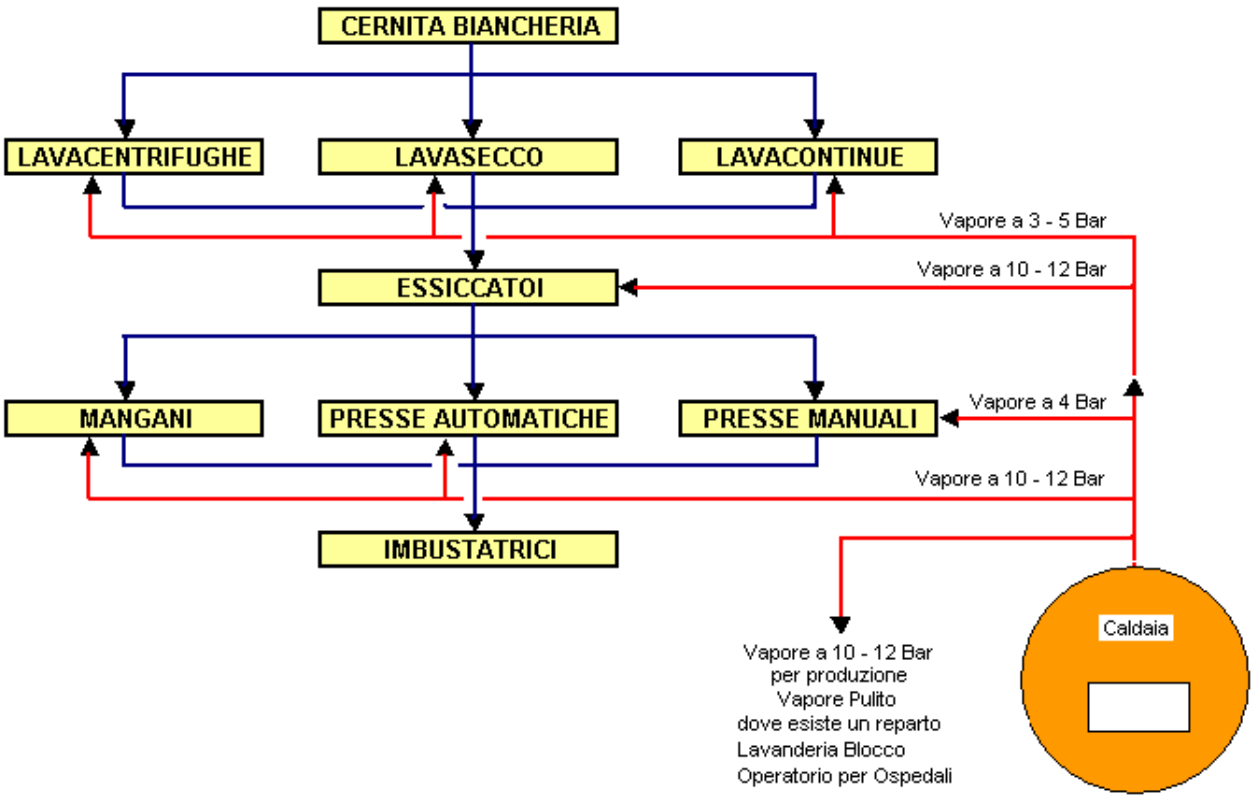
REPARTI DI PRODUZIONE DI UNA LAVANDERIA INDUSTRIALE

INDICE

Argomento	Pagina
Schema di flusso	2
Reparto di produzione	3
Schema di impianto vapore di una lavanderia	3
Schema di flusso trattamento biancheria blocco operatorio	4
Generatore vapore pulito dedicato	4
Sistema Generatore vapore pulito	5
Sistema trattamento acqua di alimento	5
Materiali e finiture	5
Schema sistema produzione vapore pulito	6
Eccessiva umidità	7
Secchezza del vapore per la sterilizzaz.	7
Surriscaldamento del vapore	7
Sistema di distribuzione vapore	8

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

FLUSSO LAVAGGIO BIANCHERIA DI UNA LAVANDERIA INDUSTRIALE



REPARTO DI PRODUZIONE DI UNA LAVANDERIA INDUSTRIALE

Il settore delle Lavanderie Industriali è in discreta crescita dovuto principalmente al lavaggio di biancheria Ospedaliera causa soppressione dei reparti di lavanderia e all'incremento del trattamento degli abiti da lavoro delle Industrie.

Il ciclo produttivo di una Lavanderia è sinteticamente rappresentato dallo schema che nel dettaglio consiste:

a) Ricevimento della merce
b) Cernita per il raggruppamento di biancheria e capi da trattare in categorie omogenee
c) Deposito
d) Ciclo di lavaggio mediante Lavacontinuo, Lavacentrifughe e Lavasecco che consite in un trattamento meccanico,chimico e termico
e) Idroestrazione, estrazione meccanica di parte dell'acqua contenuta nei tessuti
f) Essiccazione, effettuata mediante essiccatori rotativi per biancheria piana (lenzuola, tovaglie, federe, tovaglioli, ecc.), in tunnel di essiccazione e stiratura di certi indumenti da lavoro
g) Stiratura con Mangani per biancheria piana, con presse o con tunnel di essiccazione e stiratura per indumenti
h) Piegatura, imballaggio e stoccaggio dei prodotti finiti.

Come si può vedere dagli schemi, il Vapore nelle Lavanderie industriali è indispensabile per il processo di lavorazione. Per un dimensionamento di massima della Centrale Termica diamo di seguito alcune informazioni sui consumi di acqua, di vapore con le relative temperature e pressioni necessarie:

Consumi per kg. di biancheria

Consumo totale di acqua per tutte le fasi di lavaggio = circa 25 litri

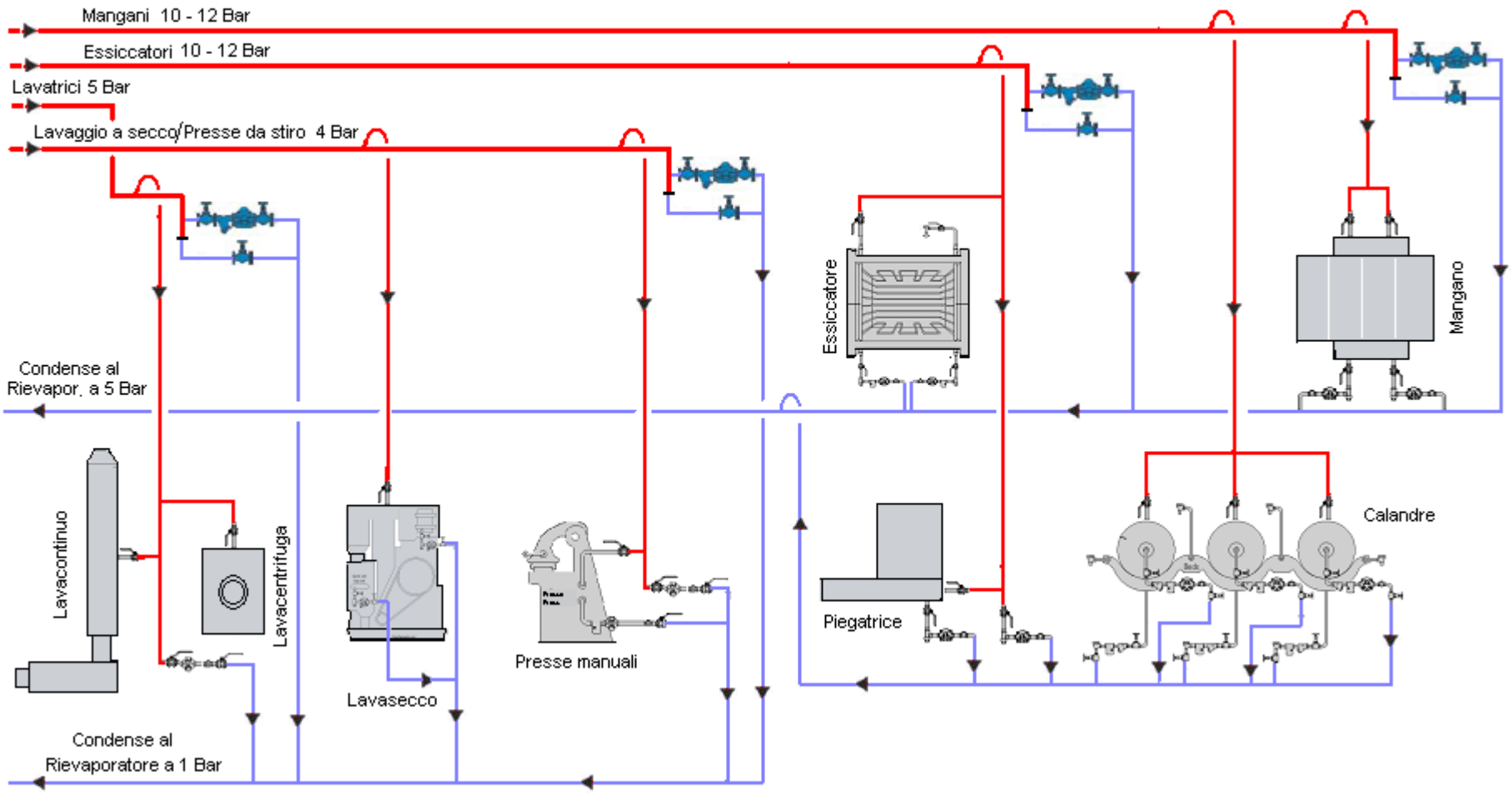
Temperatura dell'acqua fase lavaggio = 80°C normalmente riscaldata con iniezione diretta di vapore.

Fasi del processo	Pressione Vapore Bar	Consumi per kg di Biancheria
Lavatrici	3 - 5	Circa 1
Essiccatori	10 - 12	Circa 1
Mangani	10 - 12	Circa 1,2

Oltre a questi consumi va aggiunto il vapore necessario per i servizi di stabilimento.

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

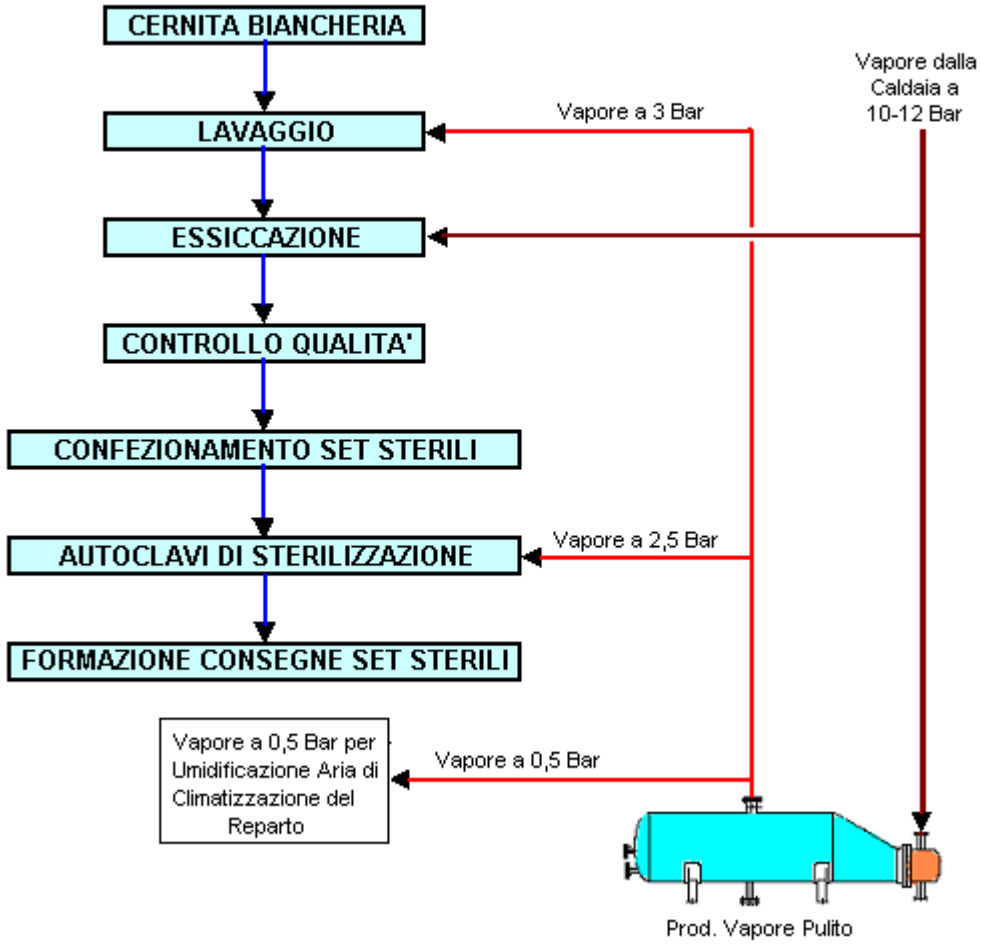
SCHEMA IMPIANTO VAPORE LAVANDERIA INDUSTRIALE



REPARTI DI LAVORAZIONE

© Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

FLUSSO LAVAGGIO BIANCHERIA DI UN BLOCCO OPERATORIO



REPARTO DI PRODUZIONE DI UNA LAVANDERIA INDUSTRIALE PER BIANCHERIA E INDUMENTI DI UN BLOCCO OPERATORIO PER OSPEDALI

Quasi la totalità degli Ospedali ubicati sul territorio nazionale non possiedono più le lavanderie o sono state date in gestione ad operatori del settore compreso il trattamento della biancheria ed altri indumenti relativi alle sale operatorie.

Il reparto per il trattamento dei suddetti indumenti deve essere separato dal resto della produzione e deve essere dotato di un impianto di climatizzazione atto a garantire un elevato grado di purezza dell'aria al fine di evitare la contaminazione dei corredi sala operatoria.

Il flusso di lavorazione è indicato nel precedente schema che come si può notare non viene effettuata la stiratura, dopo l'essiccamento si effettuano controlli di qualità, confezionamento di set da sterilizzare ed infine sterilizzazione in appositi autoclavi mediante vapore pulito a 2,5 bar.

La Spirax Sarco produce da decenni Generatori indiretti di vapore pulito per la sterilizzazione, per l'umidificazione e per l'utilizzo nel settore alimentare, sia di tipo orizzontale "KETTLE" che di tipo verticale garantendo un elevata efficienza.

Generatore di Vapore Pulito dedicato

La soluzione con l'utilizzo di un generatore dedicato al vapore pulito, sia che fornisca una sola oppure più utenze, è la soluzione raccomandata in quanto l'ottenere il vapore pulito in maniera affidabile dalla caldaia principale, oltre ad essere costosissimo, è impossibile.

I generatori di vapore pulito sono generatori indiretti alimentati con vapore tecnologico progettati e costruiti da società specializzate allo scopo come Spirax Sarco.

Siccome che la condensa scaricata dagli autoclavi di sterilizzazione non torna al generatore, questi funzionano praticamente con il 100% dell'acqua di reintegro; per questo motivo la qualità dell'acqua di alimentazione è cruciale per il funzionamento di un generatore di vapore pulito dedicato. Essa è specialmente critica per quei generatori che non hanno grandi riserve di acqua. D'altronde trattandosi di sistemi dedicati è possibile utilizzare

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

una unità di trattamento acqua separata da quello della caldaia centrale e più adatta per il vapore pulito. Attenzione è necessario utilizzare il concetto di "approccio globale", nel senso che l'orientamento più ampiamente accettato e diffuso è quello di considerare, nel suo insieme, tutto il ciclo dell'acqua. È ormai opinione consolidata che per ottenere acqua purificata, non basta disporre, semplicemente, di un appropriato impianto di osmosi inversa, ma è necessario tener presente che tali apparecchiature, fanno parte di un sistema totale che comprende, essenzialmente, quattro sottoinsiemi tra loro interdipendenti:

- **-Pretrattamento**
- **-Stoccaggio**
- **-Osmosi inversa**
- **-Distribuzione**

Ogni singolo sottosistema deve essere pertanto, preso in esame per evidenziare gli aspetti ad esso connessi e per poterli poi riarmonizzare tra loro a seconda dei casi e delle necessità.

Un sistema di generazione Vapore pulito dedicato deve:

a. Avere un sistema di trattamento acqua diverso dal chimico;
b. Minimizzare la quantità dei gas non condensabili e degli altri contaminanti nell'acqua di alimentazione;
c. Prevenire che acqua allo stato liquido esca dalla caldaia e venga trascinata nel vapore;
d. Prevenire la crescita di microbi in qualsiasi serbatoio di deposito nelle tubazioni;
e. Essere costruito con materiali resistenti alla corrosione ed alla diffusione di particelle, come l'acciaio inossidabile a basso tenore di carbonio (tipo 316L);
f. Avere una capacità di generazione sufficiente a soddisfare sia la massima che la minima domanda pur mantenendo requisiti di secchezza e di contenuto dei gas incondensabili residui;
g. Avere una appropriata e corretta rete di distribuzione;
h. Avere un sistema di misure e controlli che assicurino la qualità del vapore nel tempo.

Sistema di trattamento acqua alimento

Per valutare il tipo e le specifiche del sistema di trattamento dell'acqua, si raccomanda di ottenere un'analisi delle acque dalla società di rifornimento.

Secondo la legge esistente, su richiesta dell'utente e senza spesa, l'ente acquedotti deve fornire l'analisi delle acque distribuite.

Un completo trattamento dell'acqua comprende tre stadi:

1) Addolcimento (per rimuovere i contaminanti che formando incrostazioni usurano in breve tempo le membrane del successivo trattamento di purificazione)
2) Purificazione attraverso l'osmosi inversa (per rimuovere altri contaminanti indesiderati)
3) Degasazione termofisica (per rimuovere i gas corrosivi e non condensabili

Generatore di vapore pulito

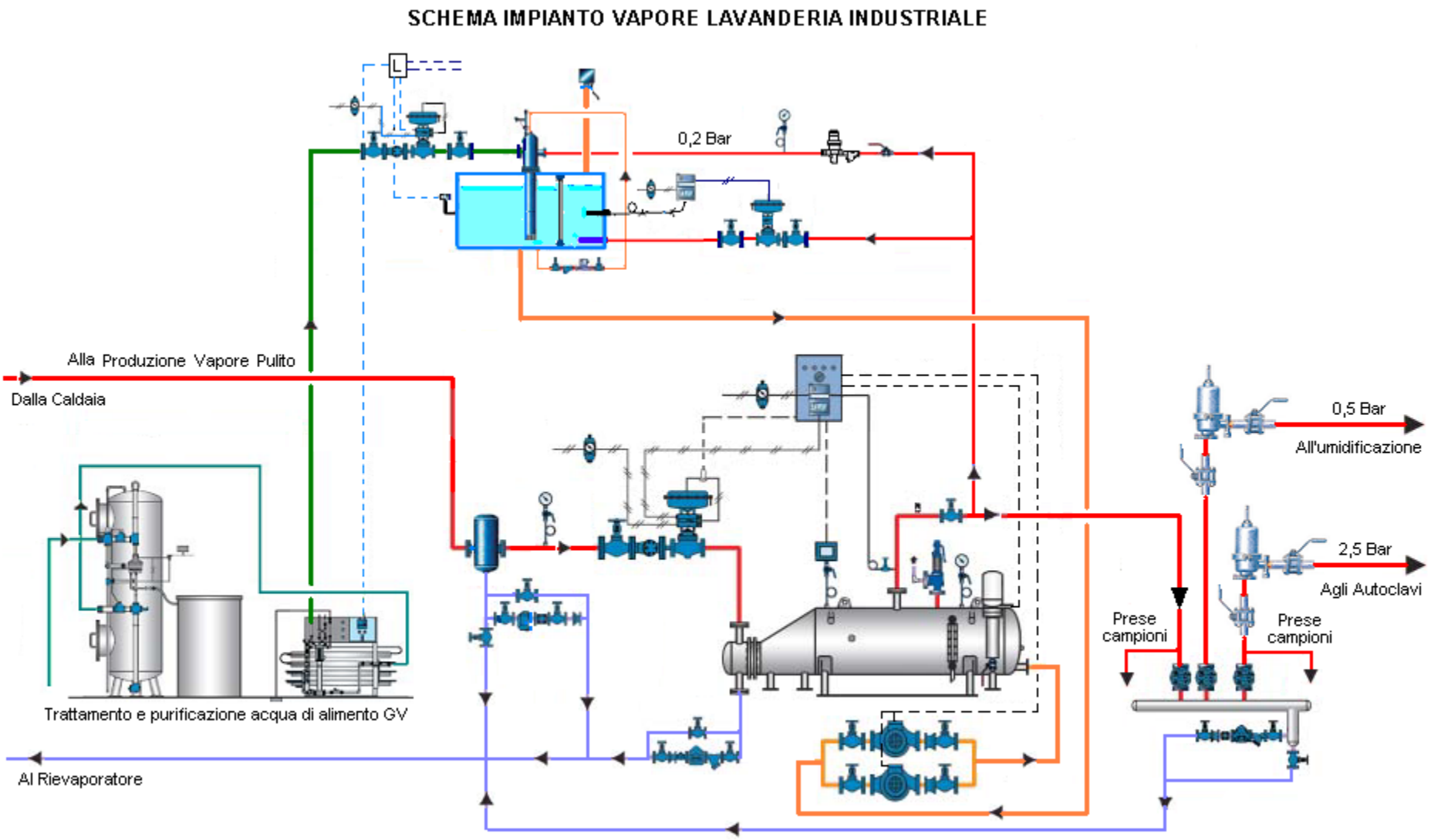
Una caratteristica essenziale di un generatore di vapore pulito è la capacità di separare le goccioline di acqua formatesi nel vapore prima che esso sia inviato alle sterilizzatrici. Spirax Sarco ha raggiunto buoni risultati su macchine utilizzando dei separatori a ciclone, i quali essenzialmente asciugano il vapore causandone la rotazione ad alta velocità. Spirax Sarco ha misurato l'efficienza della rimozione dell'umidità, inserendo nell'acqua di alimentazione alti livelli di endotossine (almeno 103EU ml) e testando campioni di vapore per i livelli di endotossine con il LAL Test. (Questo lavoro deve essere fatto solo da personale di adeguata esperienza). I test sul generatore verticale di vapore pulito hanno dimostrato che fattori di riduzione maggiori di 105 possono essere consistentemente raggiunti. Un'adeguata rimozione di umidità deve essere mantenuta per tutta la gamma di portate del vapore, tipicamente al di sopra dei 200 kg/h per ogni sterilizzatrice. Per ulteriori approfondimenti sui generatori vedere i sistemi CSM e CSMK della Spirax Sarco. Il generatore di vapore pulito deve essere progettato per produrre vapore di qualità esente da impurità ed ossidi, tale da alimentare autoclavi di sterilizzazione, sterilizzazione di linee ed applicazioni dove il vapore ed il condensato non devono potenzialmente contaminare il prodotto. Il generatore di vapore pulito deve essere progettato e costruito nel rispetto di tutti i requisiti previsti dalla normativa PED a cui si aggiungono i requisiti richiesti dalla GMP in vigore (current Good Manufacturing Practises). La separazione delle impurità presenti deve avvenire per gravità e per forza centrifuga.

Le impurità raccolte dal processo di separazione saranno continuamente scaricate attraverso lo scarico previsto sul separatore.

Materiali e Finiture

Tutte le superfici delle parti in contatto con l'acqua di alimento e con il vapore pulito saranno costruite in acciaio inossidabile AISI 316L per assicurare una protezione dalla precipitazione di carburi formatisi durante i processi di saldatura. Tutte le superfici delle parti in contatto con il vapore pulito saranno elettro-pulite. Tutte le superfici delle parti in contatto con il fluido primario e/o fluidi refrigeranti potranno essere di ottone, bronzo oppure di acciaio inossidabile.

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.



© Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

Eccessiva umidità

Una eccessiva umidità, quando sono presenti goccioline d'acqua alla stessa temperatura del vapore, causerà l'inumidimento dei carichi nelle sterilizzatrici a caricamento poroso, nelle sterilizzatrici a vapore a bassa temperatura (LTS), e nelle sterilizzatrici LTSF. L'umidità ridurrà la concentrazione di formaldeide nelle sterilizzatrici LTSF e potrà nuocere all'efficacia del processo. L'umidificazione può essere compromessa nelle sterilizzatrici ad ossido di etilene (EO). Alcune cause dei carichi bagnati sono le seguenti:

a. Pendenze e drenaggi delle tubazioni e dei collettori vapore mancanti, insufficienti od erroneamente realizzati;
b. La sterilizzatrice può essere alimentata da una rete vapore secondaria con cattivo drenaggio ed eliminazione dell'aria, invece che dalla rete di vapore attiva;
c. I tubi tra la caldaia e la sterilizzatrice possono essere non sufficientemente isolati, causando un'eccessiva condensazione del vapore.

Se l'umidità continua ad essere un problema, può essere dovuto ai "trascinamenti" nel generatore ed alla formazione di schiuma che possono essere causate da:

a. Trattamento non corretto dell'acqua di alimentazione;
b. Livello troppo alto dell'acqua nel generatore;
c. Utilizzo del generatore che ha bisogno di pulizia interna;
d. Ebollizione violenta in condizioni di variazione dei carichi;
e. Alto livello del totale solidi disciolti.

Secchezza per la sterilizzazione

La secchezza del vapore è di vitale importanza per il funzionamento di qualsiasi sterilizzatrice a vapore. Una eccessiva umidità può essere origine di carichi bagnati e di una distribuzione irregolare della temperatura nei carichi non porosi, particolarmente in quelli che contengono un alto numero di piccoli elementi, come le ampolle. Quando si richiede che il vapore venga a diretto contatto con la superficie da sterilizzare, come nelle sterilizzatrici a caricamento poroso, una umidità troppo bassa può d'altro canto, permettere il surriscaldamento del vapore durante la sua espansione nella camera della sterilizzatrice. La secchezza del vapore è definibile mediante la determinazione della "frazione di secchezza", ed i metodi tradizionali di misurazione non sono adatti alle sterilizzatrici perché difficili e perché richiedono una portata costante di vapore. La tecnica di campionamento e misura descritta nella EN 285 sulla secchezza del vapore non può essere considerata come misura dell'effettivo tasso di umidità del vapore, perché il campione è preso dal centro del tubo di alimentazione del vapore non prelevando la condensa che scorre lungo la parete. Conseguentemente, non viene usato il termine "titolo" ma il "valore di secchezza" dove 1,0 rappresenta le condizioni del vapore saturo secco. Il metodo di prova della EN285 deve essere considerato come metodo per determinare l'accettabilità qualitativa del vapore. Il metodo è ritenuto comunque adatto nelle installazione delle sterilizzatrici, perché le valvole di controllo ed i componenti di drenaggio installati riducono considerevolmente la quantità della condensa che entra nella camera di sterilizzazione, così da poter affermare che il campione di misura ha una quantità di umidità simile alla umidità del vapore nella camera. Gli Standard Europei richiedono che le sterilizzatrici siano progettate per funzionare con un vapore il cui valore di secchezza non sia inferiore a 0,9, quando misurato in conformità al test sulla secchezza del vapore descritto nella EN285. Per i carichi metallici, il valore di secchezza non deve essere inferiore a 0,95. In pratica, difficilmente si presenteranno problemi di sterilizzazione se il valore di secchezza è compreso tra 0,9 e 1,0, se è ragionevolmente costante e se la riduzione della pressione attraverso il gruppo finale di riduzione è di due a uno. L'esperienza mostra che nella pratica talvolta si ottengono accettabili condizioni, mentre si è lontani dalle condizioni ottimali. Occorre sottolineare che deviazioni significative sono tali da causare i seguenti problemi:

a. carichi bagnati, derivanti da un valore di secchezza troppo basso;
b. surriscaldamento, derivante sia da un valore troppo alto di secchezza prima del gruppo finale di riduzione della pressione, che induce un'eccessiva riduzione della pressione attraverso la valvola (il surriscaldamento può essere eccessivo se entrambe le condizioni sono presenti simultaneamente);
c. difficoltà nel funzionamento del sistema di riduzione di pressione, derivanti da un basso rapporto di riduzione della pressione, da colpi d'ariete, sporcizia ed altri elementi trascinati.

Surriscaldamento

Il vapore surriscaldato è un fluido non adatto per l'uso nelle sterilizzatrici e ne compromette la funzionalità, tende a bruciare i materiali tessili e cartacei e porta ad un rapido deterioramento della gomma. Le condizioni di surriscaldamento nei carichi e nella camera possono essere determinate dall'espansione adiabatica, da una reazione esotermica o da entrambe.

-Gli Standard Europei richiedono che il grado di surriscaldamento nel vapore libero alla pressione atmosferica non superi i 25°C, quando misurato secondo il metodo descritto

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

nel punto 24.3 della EN 285.

-Il surriscaldamento causato dall'espansione adiabatica è solitamente il risultato di un'eccessiva riduzione della pressione attraverso un dispositivo di regolazione, come un sistema di riduzione della pressione od una valvola di presa vapore parzialmente chiusa. Non è una situazione che si riscontra normalmente nei sistemi di distribuzione vapore negli ospedali, ma il surriscaldamento può insorgere se il vapore di alimentazione è troppo secco, o se la pressione è insolitamente alta prima del dispositivo di regolazione. Questo surriscaldamento può essere evitato diminuendo il valore di secchezza del vapore in entrata al sistema di riduzione della pressione della sterilizzatrice; anche il ridotto rapporto di pressione minimizzerà l'effetto dell'espansione attraverso la valvola.

-Il surriscaldamento che dipende dalla reazione esotermica può avvenire durante la sterilizzazione come risultato della reidratazione di materiali igroscopici eccezionalmente secchi.

Sistema di distribuzione

Come precedentemente anticipato, anche il sistema di distribuzione influenza la qualità del vapore. Il progetto dei sistemi di distribuzione adatti per il trasporto di vapore pulito deve rispondere ad alcuni requisiti fondamentali:

-Ad eccezione dei tratti verticali tra i vari piani degli edifici, le tubazioni del vapore devono essere progettate in modo che la condensa fluisca per gravità nella stessa direzione del vapore. Questo è un principio generale che si applica ugualmente alla rete del vapore principale, alle sue diramazioni ed ai collegamenti delle stesse sterilizzatrici.

-Eliminatori d'aria e scaricatori di condensa devono essere installati in ogni tratto verticale e si deve fare molta attenzione ad effettuare correttamente l'installazione in modo da consentire il regolare drenaggio della condensa, che si può accumulare nelle tasche delle tubazioni. E' assolutamente necessario evitare zone morte nei tubi della rete; è quindi importante che il sistema di distribuzione non comprenda diramazioni inutilizzate. Durante i periodi in cui la fornitura di vapore è sospesa, la zona di ristagno dell'acqua può diventare focolaio di crescita di microbi; l'acqua intrappolata poi verrebbe trasferita nel vapore al ripristino della fornitura. Sebbene i microorganismi possano essere eliminati dal vapore, i pirogeni alla temperatura del vapore non saranno resi inattivi, e potrebbero essere trasferiti alle sterilizzatrici.

-Per evitare l'accumulo della condensa nei periodi in cui il sistema o la sterilizzatrice non è in funzione, occorre dare le opportune pendenze alle tubazioni della rete ed installare correttamente gli scaricatori lungo tutto il sistema di distribuzione del vapore.

Spirax Sarco, da sempre, leader mondiale del settore, sarà ben lieta di fornire il supporto necessario per dimensionare ed installare correttamente tutti i materiali di controllo delle reti di distribuzione.

Il sistema di distribuzione per vapore pulito deve essere costruito e realizzato in acciaio inossidabile a basso contenuto di carbonio oppure in acciaio inossidabile stabilizzato. Materiali come l'acciaio ed il rame, abbondantemente in uso in passato, secondo le nuove normative non possono più essere utilizzati. Possiamo comunque ricordare che, quando una installazione convenzionale esistente è in uso da diversi mesi, genera, all'interno dei tubi,uno strato protettivo di ossido (magnetite). Controllando che la condensa del vapore sia neutra o alcalina, questo rivestimento rimarrà intatto e permetterà l'uso delle tubazioni per la distribuzione di vapore pulito. Attenzione però che una condensa acida ed in presenza di aria umida può decomporre lo strato superficiale portando alla corrosione, la quale poi può diffondersi in forma di particelle contaminanti. Considerando inoltre che sia gli impianti vapore che le sterilizzatrici hanno una vita oltre la quale entrambi vanno modificati, si può concludere che, per impianti preesistenti, con piccoli interventi e soprattutto con una attenta gestione si può rendere accettabile il loro utilizzo mentre si dovrà intervenire in modo radicale alla fine della loro vita utile.

-Come regola precauzionale, dovranno essere installati, ai punti di consegna, dei filtri finali per vapore, capaci di rimuovere tutte le particelle fino ai 5µm di grandezza.

-Altri punti chiave per un sistema di distribuzione adatto al vapore pulito comprendono:

a. Eliminatori di aria automatici, correttamente dimensionati, posti lungo tutto il sistema di distribuzione delle tubazioni, per minimizzare la quantità di aria e degli in condensabili trasferiti alle sterilizzatrici;
b. Appropriati e correttamente selezionati scaricatori per rimuovere la condensa;
c. Contenute velocità del vapore nelle tubazioni, indicativamente al di sotto dei 20 m/s, per permettere agli scaricatori di condensa di rimuovere effettivamente l'umidità depositata e per prevenirne il trascinamento da parte del vapore;
d. Separatori di condensa posti vicino agli stacchi della caldaia, destinati all'utenza di vapore asciutto;
e. Filtri per proteggere le valvole di controllo, gli scaricatori, ecc.

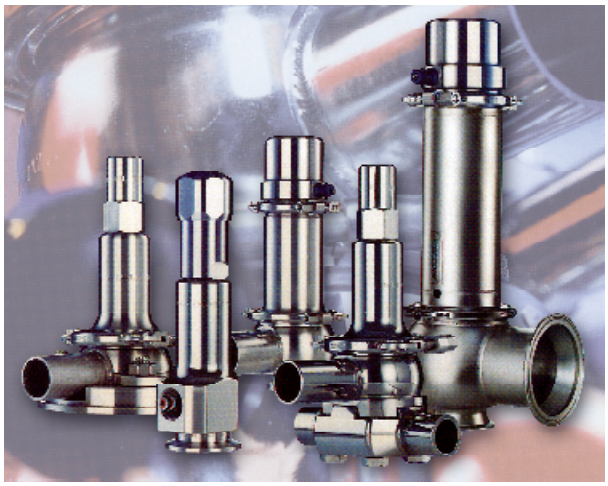
 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

La Spirax Sarco costruisce inoltre apparecchiature accessorie per l'equipaggio di linee di Vapore Pulito relative a:

- Valvole di regolazione autoazionate e servoazionate
- Scaricatori di condensa e filtri
- Valvole d'intercettazione
- Valvole di sicurezza etc. etc.

di seguito rappresentate, per maggiori dettagli richiedere la specifica documentazione ai nostri uffici periferici o centrali.

Apparecchiature accessorie per Vapore pulito



Valvole di Sicurezza per impieghi su processi sterili

Sistemi di Umidificazione aria Climatizzazione ambienti sterili

Unità CSM con Generatore di vapore pulito di Tipo Verticale "GVH"

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

GRUPPI PACKAGES E PREMONTATI

INDICE

Argomento	Pagina
Vantaggi dei sistemi integrati rispetto a fornitura di singoli prodotti	**2**
Gruppi Preassiemati “Packages”	3 - 8
Considerazioni Operative	
Immagazzinamento	8
Installazione, trasporto, disimballaggio	9
Condizioni di esercizio	9
Caratteristiche specifiche	9
Verifica dell’unità	9
Montaggio dell’unità	10
Attacchi sorgente fluido freddo	11
Attacco di presa vapore	11
Linea di ritorno condensa	11
Valvola di sicurezza e sfiato	11
Collegamento alla strumentazione elettrica di controllo	11
Collegamento alla strumentazione pneumatica di controllo	11
Collegamento delle linee di drenaggio	12
Linee guida di avviamento e manutenzione	12
Funzionamento	12
Ispezioni	13
Importanti informazioni sulla sicurezza	13

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

Vantaggi dei sistemi integrati rispetto alla fornitura di singoli prodotti.

Spirax-Sarco è una società che fornisce sia prodotti sia uno spettro completo di soluzioni e sistemi molto competitivi. I sistemi forniti sono normalmente ingegnerizzati per ogni specifica esigenza.

L'esperienza è nei controlli e gestione dei fluidi industriali e commerciali con particolare riferimento ai sistemi vapore ed apparecchiature termodinamiche.

•*Risparmio di tempo e denari*

• Si evitano ritardi nei progetti eliminando le costruzioni in cantiere.

Minimizza/Elimina i tempi di attesa in cantiere.

Minimizza/Elimina le costruzioni ed il costo del lavoro in cantiere .

Si ottiene una serie di benefici da progettazioni modulare preassiemate che portano ad una riduzione dei tempi e costi di installazione.

Sistemi completi e collaudati pronti per l'installazione.

Controlli integrati o a distanza facilmente integrabili con altri sistemi esistenti.

Singolo fornitore…..

Semplificazione dei progetti integrando ingegneria, produzione da un singolo fornitore.

Si elimina la necessità di avere i costi elevati delle grandi società di ingegneria.

Viene semplificato il processo di comunicazione evitando ritardi di progettazione.

Unità di produzione flessibile che può occuparsi di piccoli e grandi sistemi.

Disponibilità di servizi completi di installazione ed avviamento, compreso corsi di istruzione.

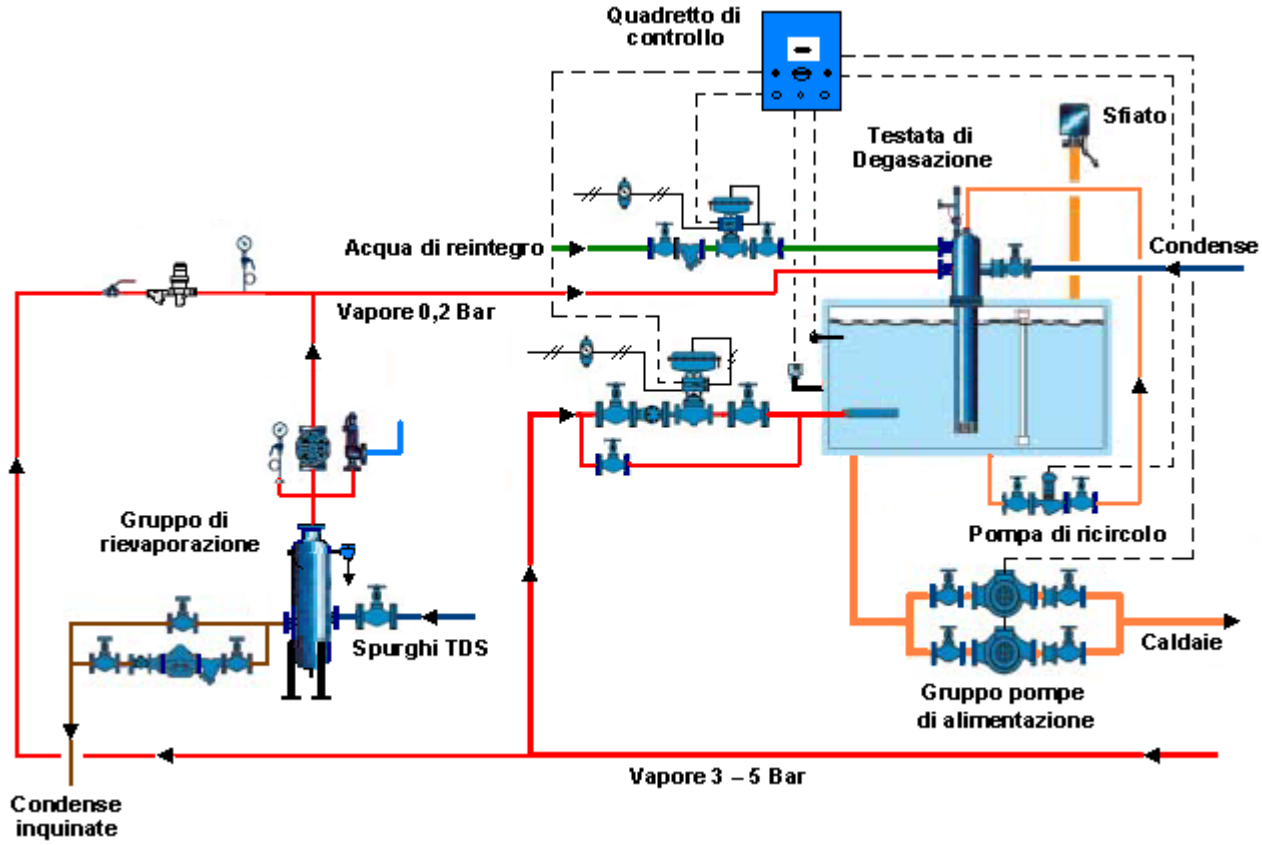
Spirax Sarco fornisce sistemi completi chiavi in mano partendo dalla progettazione concettuale fino Ai sistemi finiti con servizi di costruzione ed installazione.

Un qualsiasi sistema vapore può essere diviso in sottosistemi concependo l'ingegneria dell'impianto come l' interconnessione di questi sottogruppi. In particolare:

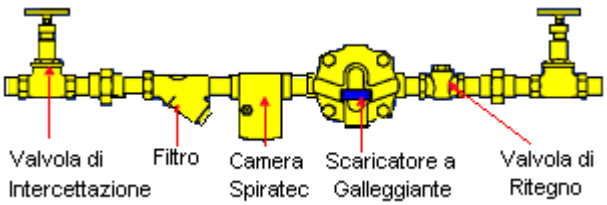
-Zona Caldaia

1. Unità di degasazione, acqua alimento, condense, preriscaldamento. Unità preassiemata comprendente il sistema di pompe acqua alimento con integrato il sistema di degasazione, le condense e il trattamento acqua.
2. Unità di recupero vapore di flash e sistema di blow–down. Unità preassiemata per il recupero dell'energia del vapore di flash e dal blow-down della caldaia.
3. Unità di pompaggio dell'acqua alimento. Unità preassiemata comprendente il sistema di pompe acqua alimento con integrato valvole, strumentazione, unità precablata di controllo facile da installare.
4. Unità di scarico condense. Unità preassiemata, pronta per essere installata, per lo scarico ed il recupero condense. Queste unità sono dimensionate per l'utilizzo specifico.
5. Collettore di distribuzione vapore. Unità per la distribuzione del vapore dalla caldaia alle varie utenze comprendente valvole e strumentazione di controllo.
6. Unità di misura portata vapore. Unità preassiemata, pronta per essere installata, per la misura della portata. Queste unità sono dimensionate e tarate per l'utilizzo specifico.
7. Unità di valvole di controllo. Unità preassiemata, pronta per essere installata, per la regolazione e controllo dei fluidi. Queste unità sono dimensionate e tarate per l'utilizzo specifico.
8. Sistemi per acqua calda. Sistemi, preassiemati, integrali per il riscaldamento e la gestione di acqua calda sia per uso sanitario che di processo.
9. Sistemi di pompaggio. Unità preassiemata comprendente il sistema di pompe con integrato valvole, strumentazione, facile da installare.
10. Unità indiretta di generazione vapore. Unità preassiemata di generazione comprendente il sistema di pompe acqua alimento con integrato valvole, strumentazione, unità precablata di controllo facile da installare.
11. Unità di trasferimento di calore. Unità preassiemata di trasferimento del calore comprendente lo scambiatore, sistema di pompe valvole, strumentazione, scaricatori, unità precablata di controllo facile da installare e che riduce il tempo e costo di installazione.
12. Unità speciali per i processi. Unità ingegnerizzata allo scopo per la soluzione di problemi specifici.Un sistema tipico comprende scambiatori, sistema di pompe, valvole, strumentazione, scaricatori, unità precablata di controllo e tutte le apparecchiature in campo necessarie per un sistema integrato completo.
13. Unità di riduzione pressione. Unità preassiemata di riduzione della pressione facile da installare. Queste unità sono dimensionate e tarate per l'utilizzo specifico. Per stazioni di riduzione da installarsi in serie o parallelo sono disponibili collettori di distribuzione.

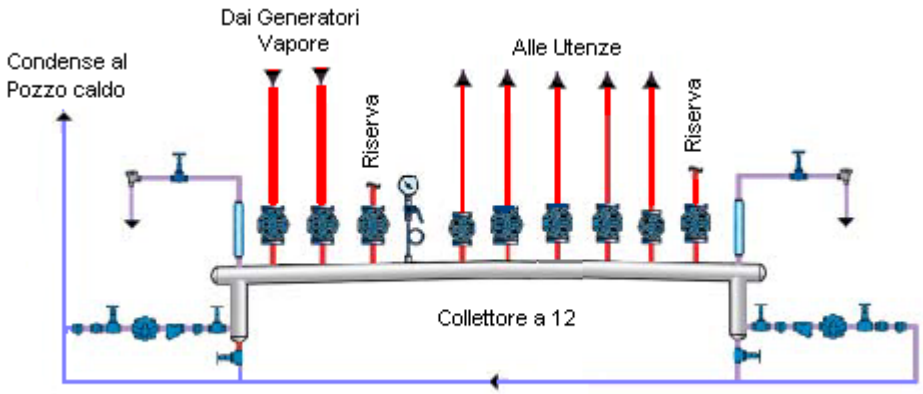
 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.



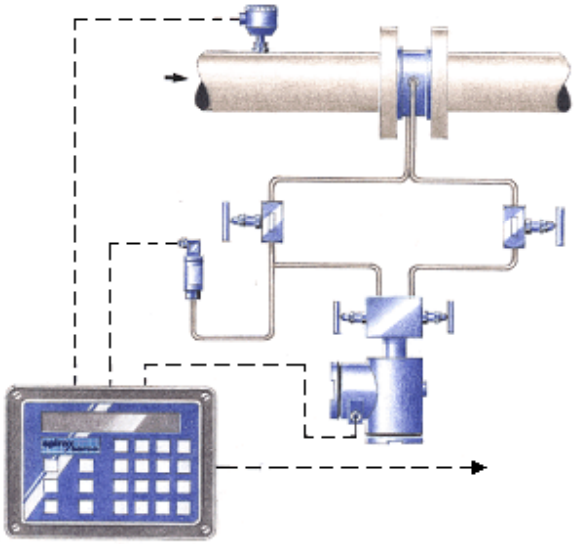
Gruppi preassiemati di: Unità di Degasazione, Gruppo pompe di alimento, Unità di ricupero vapore di flash



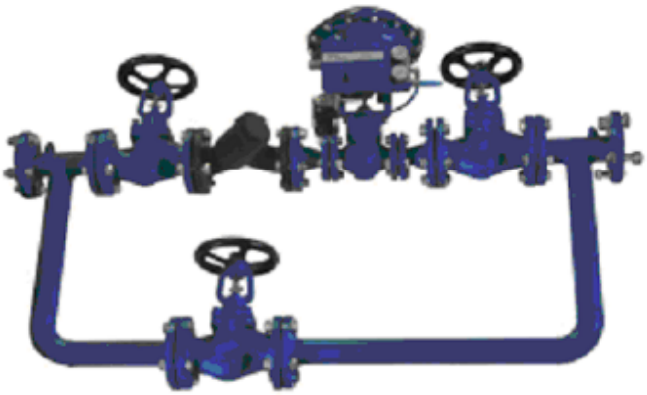
Gruppo preassiemato di scarico condense



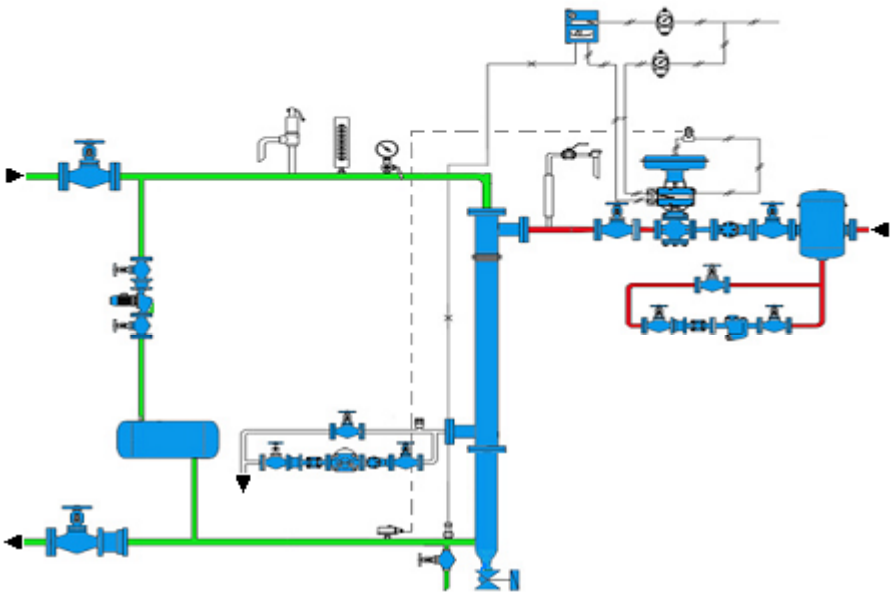
Collettore di distribuzione Vapore



Gruppo misura Portata Vapore

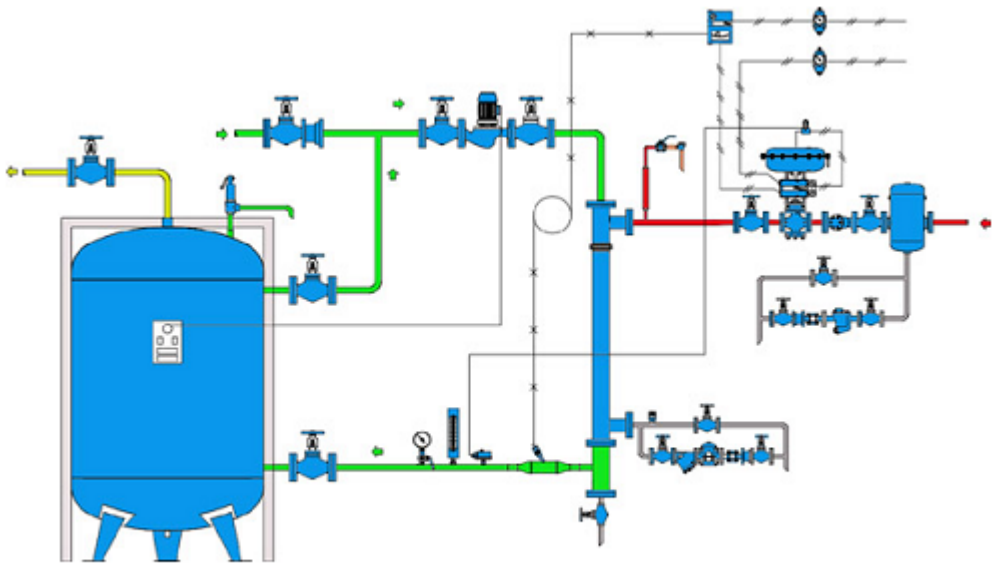


Gruppo preassiemato Valvole di controllo

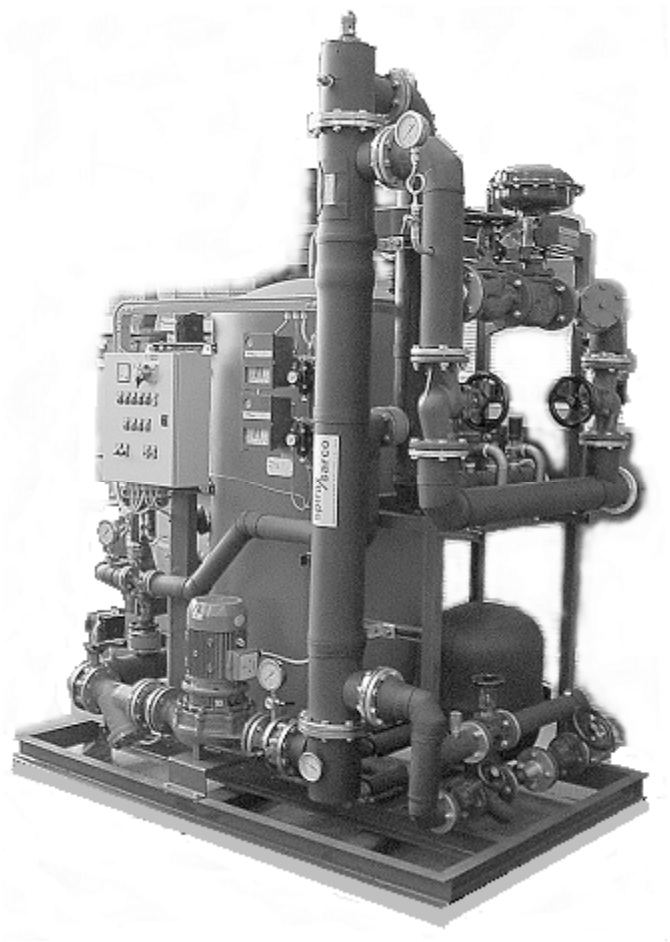


Gruppo Packages produzione acqua calda

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

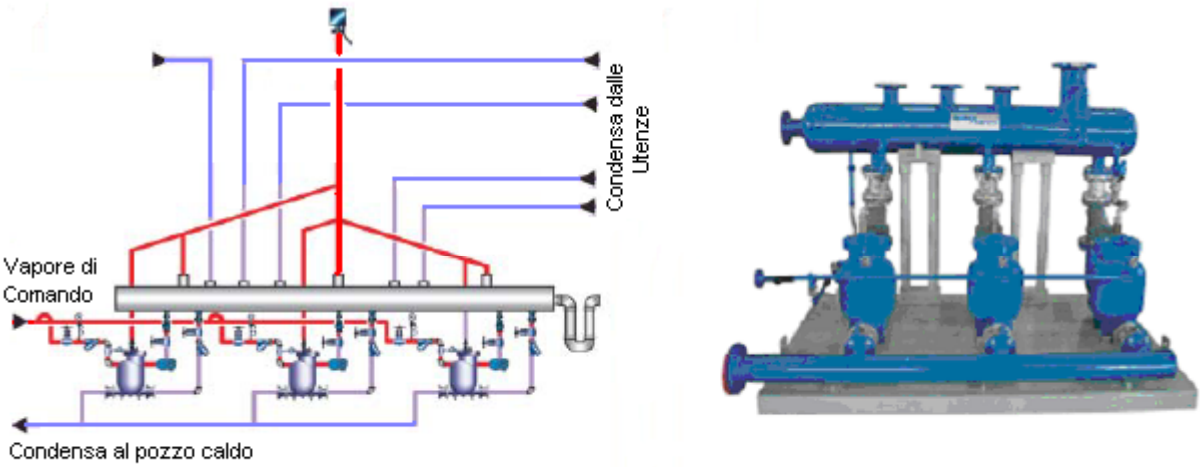


Gruppo Packages produzione acqua calda Sanitaria

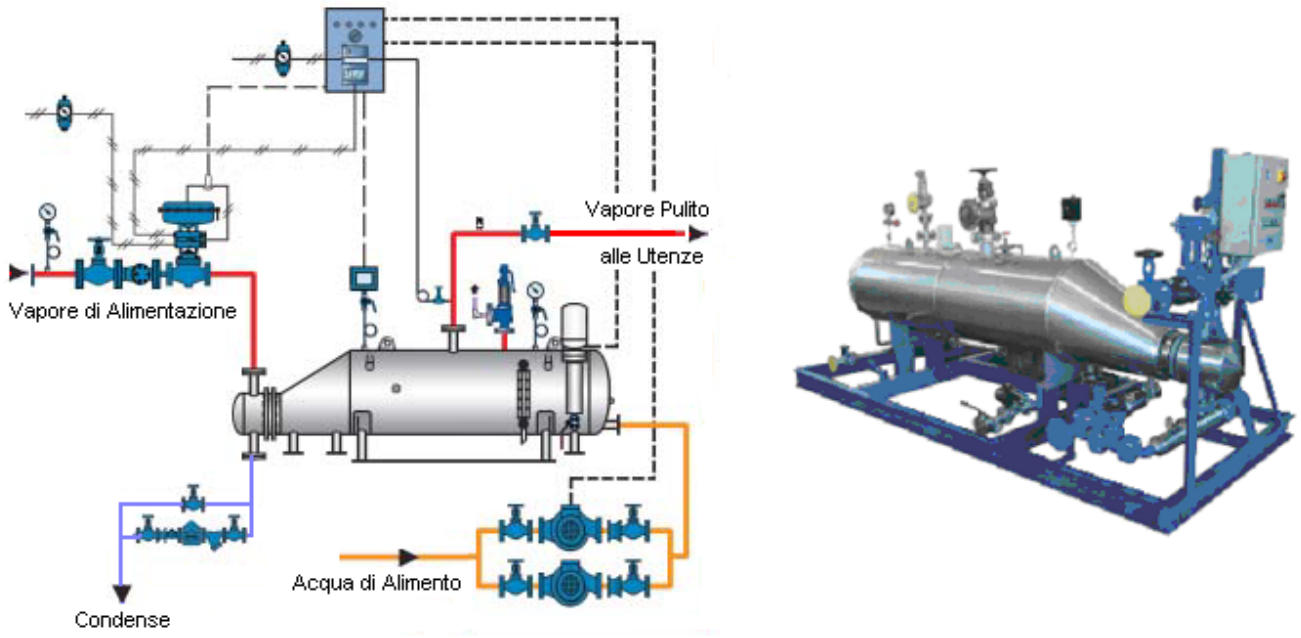


Gruppo Package di produzione acqua calda

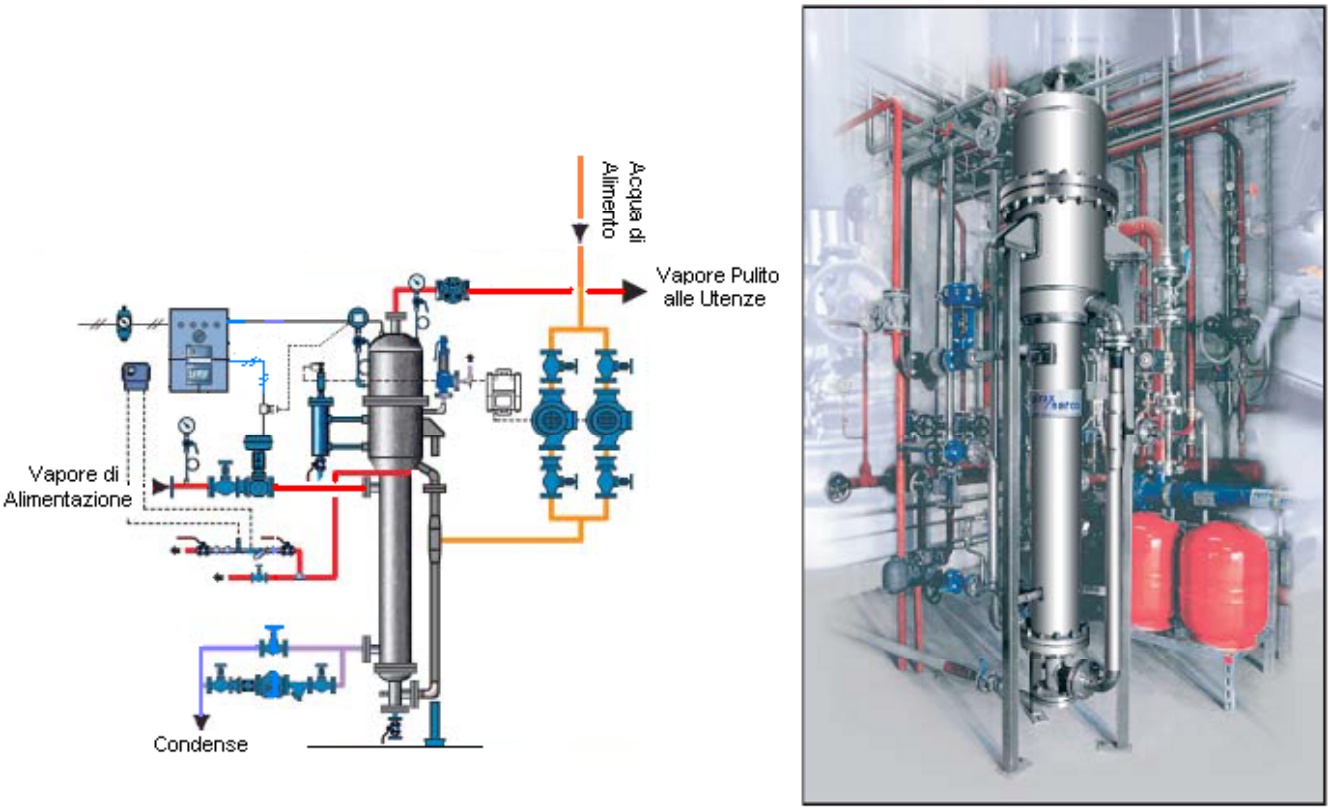
 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.



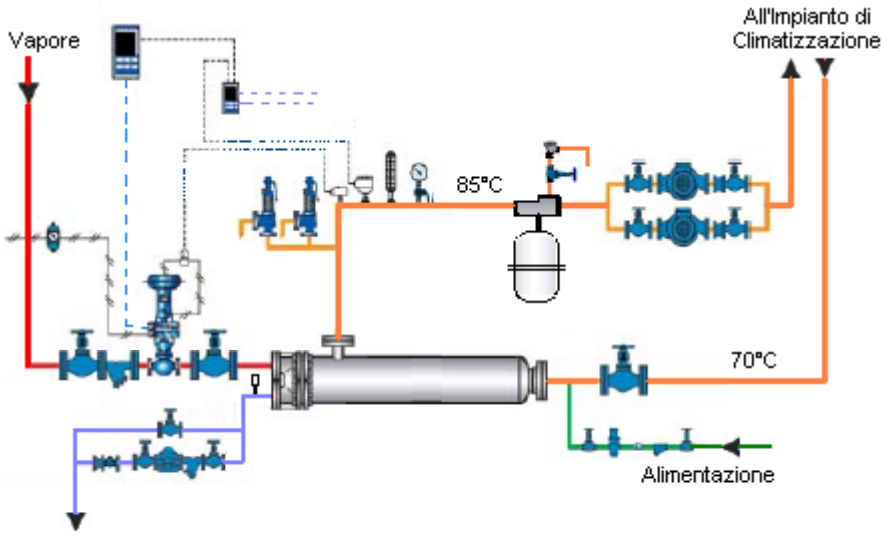
Gruppo Unità di Pompaggio Condense



Gruppo Packages di produzione Vapore Pulito con Generatore Orizzontale

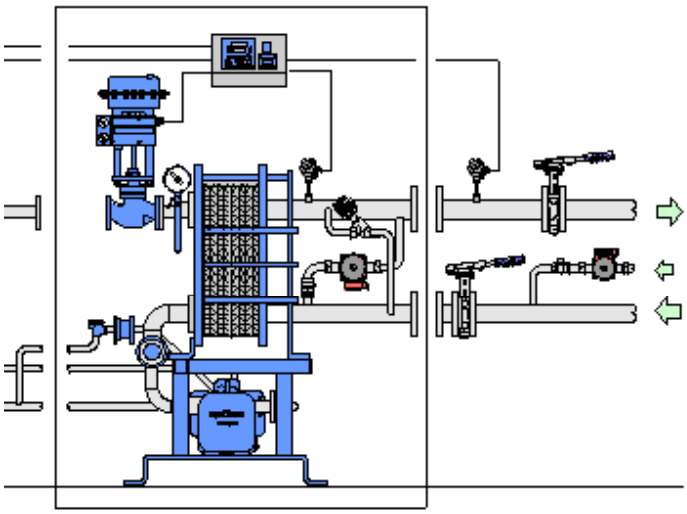


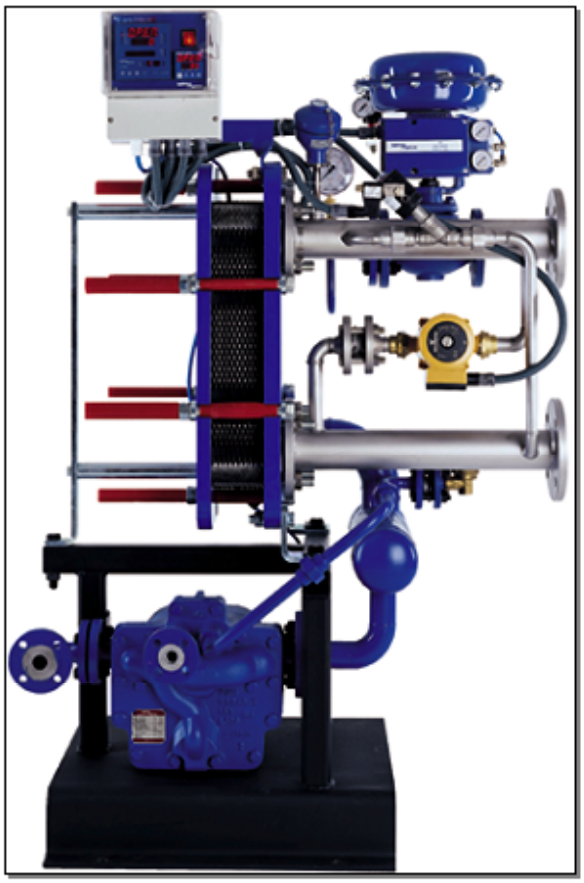
Gruppo Packages di produzione Vapore Pulito con Generatore Verticale



Gruppo Packages produzione acqua calda Riscaldamento

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.





Gruppo Packages produzione acqua calda

Considerazioni operative

IMMAGAZZINAMENTO

Nota: il simbolo Δ ?evidenzia le “avvertenze”.

Nota: Se il prodotto o sistema non può essere installato immediatamente dopo averlo ricevuto occorre seguire alcune precauzioni per prevenire eventuali danni nel periodo di inutilizzo.

La responsabilità per l’integrità delle unità in questo periodo è dell’utilizzatore.

E’ importante applicare le procedure di Immagazzinamento di ciascuna Unità considerando anche i costi delle riparazioni o sostituzioni e i possibili ritardi di rimessa in efficienza. Appena ricevuto il prodotto o sistema, ispezionarlo e verificare se ha subito danni durante il trasporto. Se tutti gli attacchi non sono protetti con il coperchio di plastica o flangie di protezione si possono avere contaminazioni e pertanto è necessario procedere a chiudere le entrate e se ci sono danni evidenti avvisare il corriere ed il fornitore. Se le unità sono in acciaio al carbonio possono contenere oli residui sulle superfici interne ma ciò non preclude la possibilità che si formi ruggine.

Occorre prendere tutte le possibili precauzioni per evitare la ruggine e le contaminazioni. Se le unità devono essere installate dopo due/tre settimane dalla consegna, è consigliabile proteggerle in accordo alla seguente procedura:

- Eliminare l’umidità
- Chiudere gli attacchi con appropriate controflangie cieche.
- Imballare e proteggere con sistemi antiumidità.
- La scelta di proteggere le superfici interne dipende dall’applicazione specifica e dai costi.

Solo se ordinati e se parte integrante della specifica di acquisto la protezione delle superfici interne sarà fatta in fabbrica .

Eliminare qualsiasi accumulo di sporcizia, residui di acqua, ghiaccio o neve ed assicurarsi che l’unità sia asciutta prima di procedere all’immagazzinamento. Se l’unità non è piena di materiale protettivo rimuovere, aprendo gli spurghi, qualsiasi accumulo di acqua e poi richiudere. La presenza di umidità indica che il processo di ossidazione delle superfici e già in corso ed occorre porvi rimedio.

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

Immagazzinare l'unità proteggendola se possibile, in ambiente riscaldato.
L'ideale è immagazzinare le unità in ambienti asciutti a bassa umidità proteggendoli da pioggia , neve ed altro mantenendo la temperatura ambiente tra 20 e 60°C ed umidità relativa intorno o più bassa del 40%.
Può essere necessario utilizzare delle sostanze deumidificanti (come silice) o deumidificatori portatili per rimuovere l'umidità dell'aria.
In alcuni casi occorre controllare termostaticamente la temperatura dell'aria. Durante la fase di immagazzinamento ispezionare frequentemente le unità.
Se inizia una fase di deterioramento della vernice con formazione di ruggine, occorre ritoccare e riverniciare l'area interessata. Le unità verniciate, a richiesta, con vernici speciali devono essere ritoccate con le stesse vernici richiedendone le caratteristiche al fornitore. Non deve mai essere consentito all'unità verniciata di arrugginire ad un livello tale da indebolirne la struttura.

INSTALLAZIONE
Ogni sistema o prodotto deve essere accompagnato dal manuale di installazione, avviamento e manutenzione.. Se qualcuno di questi documenti risultasse mancante, contattare direttamente il fornitore o il locale rappresentante, prima di iniziare qualunque operazione di installazione, avviamento e manutenzione.

INSTALLAZIONE TRASPORTO E DISIMBALLAGGIO
La maggior parte dei prodotti o sistemi devono essere imballati, a seconda del caso, direttamente in fabbrica.
L'imballaggio deve essere concepito per garantire protezione durante il trasporto e fornire un metodo sicuro per lo scarico e la movimentazione, sia tramite gru che muletto a forche.
Le unità più grandi possono essere spedite senza cassa, ma devono essere dotate di appositi occhielli per il sollevamento e la movimentazione.
Δ Le unità devono essere sollevate agendo solamente sulle aree indicate sulla cassa, oppure usando gli occhielli di sollevamento chiaramente evidenziati. Metodi impropri di sollevamento possono danneggiare le unità.

CONDIZIONI DI ESERCIZIO
Prima di ogni operazione pratica occorre controllare che le condizioni di esercizio previste rientrino nei limiti massimi ammissibili indicati sulla targhetta di identificazione. Vedere le specifiche di progetto di ciascuna unità nonché la targa dati apposta al fine di determinare le massime condizioni di esercizio di ciascuna unità.
Assicurarsi che ci sia spazio sufficiente alla estremità dell'unità per consentirne la manutenzione. Rispettare nel collegamento la direzione entrata/uscita dei fluidi come previsto nel progetto.
Δ Lato caldo - lato freddo.
Qualora il fluido di servizio sia costituito da vapore, acqua surriscaldata od olio caldo, è bene verificare qual è il lato caldo previsto in sede di progetto.
Controllare la posizione di installazione e verificare che essa sia compatibile con le specifiche dell'unità. Naturalmente è consigliabile il posizionamento per un minimo ingombro ed il minor sporcamento.
Requisiti per la collocazione delle unità.
Le unità devono essere progettate per soddisfare le specifiche di installazione. Ovvero devono riportare, se da montare su superficie piana, il massimo grado di pendenza ed il peso totale; se da montare diversamente le caratteristiche e specifiche di montaggio. L' installazione va fatta in accordo ai regolamenti e procedure vigenti e secondo le specifiche dell'impianto. Se l'unità è spedita con imballo, dopo essere stata posizionata deve essere disimballata con cura.
Δ Attenzione: prevedere uno spazio intorno all'apparecchio che consenta l'accesso per manutenzione in accordo alla legislazione vigente.

Caratteristiche e specifiche
Tutti i componenti opportunamente dimensionati, devono essere montati, collegati e provati ,come insiemi, in campo se ordinati come singoli componenti o presso il fornitore prima della spedizione se ordinati come sistemi. Ciascuna unità deve essere costruita in accordo alle specifiche del cliente e deve richiedere solo di essere allacciata alla sorgente di energia, corrente o aria compressa per essere pronta per l'avviamento.
Il concetto di "package" prevede ingombri ridotti, che sono ideali per nuove installazioni grazie al minimo spazio richiesto.

Verifica dell'unità
Dopo aver tolto l'imballaggio e installato l'unità, essa deve essere esaminata accuratamente per assicurare che l'unità principale e ciascun componente non sia stato danneggiato durante il trasporto. Se viene rilevata una qualunque evidenza di danneggiamento che potrebbe avere effetti sulla sicurezza operativa dell'unità, si deve contattare il fornitore, o un rappresentante commerciale autorizzato, per dare informazioni sul danno e ricevere istruzioni su come procedere.
Questo può essere effettuato verificando le specifiche di progetto (incluse nell'unità stessa) con le targhette fissate su ciascun componente. Se viene trovata una qualsiasi discrepanza (rispetto alle specifiche di progetto), si deve contattare il fornitore o un

rappresentante commerciale autorizzato, prima di procedere con l'installazione.

Montaggio dell'unità

L'unità dovrebbe essere fissata , seguendo i requisiti del regolamento vigente, o gli standard accettati per l'installazione nel luogo specifico e per l'unità acquistata.

In aree a rischio di oscillazioni, si raccomanda che l'unità sia montata in accordo alle procedure raccomandate per il luogo, in modo che sia meno suscettibile a danneggiamento.

Procedure preliminari generali

∆ Le unità o i sistemi devono essere forniti di disegni che indicano la posizione e le caratteristiche dei collegamenti da effettuare. In aggiunta, sui disegni devono essere riportati le direzioni dei flussi. Questi devono essere gli schemi da seguire per l'installazione.

∆ Tutte le procedure di installazione, avviamento e manutenzione devono essere eseguite da personale esperto ed autorizzato. Il personale deve essere istruito su metodi e procedure per l'esecuzione degli allacciamenti elettrici e dei circuiti in pressione, e dovrebbe essere esperto nei lavori su impianti a vapore, olio caldo o acqua surriscaldata.

Il personale che eseguirà tali attività deve leggere attentamente ed in modo completo e comprendere tutti i manuali dei prodotti forniti prima di iniziare qualsiasi attività descritta nelle procedure.

Tutto il personale deve porre molta attenzione a tutte le Note, Precauzioni ed Avvertenze contenute nelle procedure descritte nei manuali. Tutte le precauzioni contenute nelle avvertenze devono essere accuratamente seguite per ridurre il rischio di infortuni. Verificare che tutta la documentazione per ciascuno dei componenti principali sia allegata al sistema. Si raccomanda fortemente che ciascun documento sia studiato prima di qualunque operazione di installazione, avviamento e manutenzione.

La documentazione di ognuno dei componenti principali può contenere avvertenze e precauzioni segnalate dal fabbricante di ciascun componente. Queste avvertenze e precauzioni potrebbero essere specifiche del particolare componente .

∆ Questo manuale intende coprire le procedure d'installazione, avviamento e manutenzione ,in linea generale, di tutti i prodotti o sistemi del circuito vapore.

Poiché ciascuna unità è costruita secondo le specifiche del cliente, le istruzioni sono per forza generali.

Se questo manuale non risponde a specifici quesiti, oppure le procedure in esso contenute non sono chiaramente comprese, si prega di contattare il fornitore per chiarimenti.Qualora non fossero chiari o esistenti gli schemi specifici delle unità contattare il fornitore prima di procedere all'installazione.

In linea generale le Unità sul circuito vapore o altri fluidi quando completamente strumentati si installano seguendo questa semplice procedura(se uno degli elementi non facesse parte della specifica applicazione non considerarlo)

Nota: prima di fare qualsiasi connessione assicurarsi che tutte le tubazioni siano pulite e libere da corpi estranei o scorie. Questo viene usualmente fatto soffiando le tubazioni con aria compressa. Qualsiasi corpo estraneo o scoria può compromettere la funzionalità o le prestazioni delle unità.

1. Quando il circuito comprende sia il fluido caldo che quello freddo collegare prima la tubazione del fluido freddo .
2. collegare l'uscita dell'unità alla tubazione d'uscita;
3. collegare la sorgente di energia (vapore, olio diatermico, acqua surriscaldata, o altro fluido) alla tubazione di entrata dell'unità.
4. collegare la linea di ritorno della sorgente di energia alla tubazione del sistema di ricircolo;
5. collegare la valvola di sicurezza ad un adeguato sistema di sfiato e drenaggio;
6. collegare la sorgente di energia elettrica (se l'unità è equipaggiata con un componente di controllo attivato elettricamente);
7. collegare una appropriata sorgente d'aria per gli strumenti di controllo pneumatici.

∆ Prima di cominciare qualunque operazione di installazione, avviamento e manutenzione sull'unità:

1. assicurarsi che la linea di alimentazione (vapore, olio , acqua surriscaldata) sia stata intercettata chiudendo la valvola manuale.
2. se il sistema era in funzione, lasciarlo adeguatamente raffreddare (così come le linee di alimentazione e di uscita) prima di iniziare l'intervento.
3. assicurarsi che la corrente sia stata tolta prima di avviare qualunque operazione.
4. assicurarsi che tutte le valvole di intercettazione sulle linee di ingresso, uscita e di drenaggio siano chiuse.
5. assicurarsi che l'alimentazione strumenti sia chiusa e la pressione dell'aria sia stata intercettata

∆ La contemporanea presenza di acqua ed energia elettrica può portare a condizioni di pericolo.Assicurarsi che la corrente venga tolta

prima di iniziare qualunque operazione di installazione o manutenzione.

Attacco sorgente fluido freddo (se esiste)

Il primo passo della procedura di installazione consiste nella connessione della sorgente del fluido freddo. L'esatta posizione di questo attacco per la specifica unità, il diametro della tubazione e la dimensione, deve essere determinato dal disegno fornito con l'unità.

Una valvola di chiusura manuale deve essere installata a monte come dispositivo di intercettazione. E' utile installare anche una valvola di ritegno. La valvola di chiusura manuale deve rimanere chiusa fino al completamento dell'installazione.

Δ Nota: per tutte le connessioni delle tubazioni, l'uso e/o il tipo di sigillante o le guarnizioni, nei punti di accoppiamento, devono essere scelte secondo le regole locali, accettati dalla pratica comune, o secondo le specifiche dell'installatore.

Attacco di presa vapore (se esiste)

Il successivo passo nella procedura di installazione è collegare l'impianto di distribuzione del vapore all'attacco di presa vapore .

L'esatta posizione di questo attacco per la specifica unità, il diametro della tubazione e la dimensione, deve essere determinato dal disegno fornito con l'unità.

Una valvola manuale di intercettazione e una valvola automatica di ritegno devono essere installate a valle della linea di distribuzione del vapore come dispositivo di intercettazione nel caso in cui l'unità debba essere disconnessa dal sistema.

La valvola di intercettazione deve essere chiusa e rimanere tale fino al completamento dell'installazione.

Δ Nota: le valvole di intercettazione manuali e le valvole di non ritorno devono soddisfare le specifiche e i requisiti previsti dai regolamenti locali.

Linea ritorno condensa (se esiste)

Con il trasferimento del calore si genera condensa. Questa condensa deve poter essere drenata dall'apparecchio e ritornare al sistema di vapore primario attraverso la linea di ritorno condensa.

La linea di ritorno condensa deve essere collegata alla presa di condensa dell'apparecchio che normalmente è localizzata a valle degli scaricatori principali e ausiliari. L'esatta posizione della presa di condensa, il diametro della tubazione ed eventuale filettatura possono essere ricavate dal disegno fornito con ogni apparecchio.

La linea di ritorno condensa deve essere ricollegata al sistema per il ricircolo e il recupero.

Una valvola manuale di intercettazione deve essere installata a valle della linea di ritorno condensa per permettere l'isolamento dell'apparecchio dal sistema. La valvola di intercettazione della condensa previene il ritorno del vapore o della condensa nel caso in cui venga scollegata la linea.

Valvola di Sicurezza, sfiato e scarico

Tutti i sistemi in pressione sono equipaggiati con una o più valvole di sicurezza. Nella maggior parte delle applicazioni, la valvola di sicurezza sfiata in atmosfera . Le tubazioni utilizzate per il sistema di sfiato della valvola di sicurezza devono essere adeguate per la capacità di efflusso della valvola stessa.

Il sistema di sfiato deve permettere il drenaggio di eventuale condensa ed essere collegato ad uno scarico adatto.

Il collegamento della valvola di sicurezza ad un sistema di sfiato e scarico adatti serve sia a prevenire danni all'apparecchio sia a ridurre il rischio di incidenti causati dal fluido scaricato.

Tutti gli sfiati e le tubazioni relativi alla valvola di sicurezza devono essere conformi ai regolamenti vigenti. E' responsabilità dell'acquirente / installatore assicurare questa conformità.

Δ Non installare una valvola tra la valvola di sicurezza e lo sfiato o la linea di sfiato. Ciò potrebbe causare seri danni o la morte se la valvola di sicurezza interviene e la valvola manuale risulta chiusa. Questa situazione può causare un aumento eccessivo della pressione con pericolo di esplosione.

Collegamento della strumentazione elettrica di controllo

Per tutti i sistemi o prodotti equipaggiati con parti elettriche occorre assicurarsi che la tensione di alimentazione sia corretta.

Δ La presenza di elettricità ed acqua può determinare una situazione di pericolo. Assicurarsi che l'energia elettrica sia esclusa prima di iniziare una qualsiasi procedura di installazione o manutenzione.

Per i collegamenti elettrici occorre riferirsi allo schema di cablaggio che è fornito con ciascun apparecchio o sistema, o alle istruzioni di installazione contenute nel Manuale di Uso e Manutenzione di ciascun apparecchio o sistema.

Qualora non fossero chiari o esistenti gli schemi specifici delle unità contattare il fornitore prima di procedere all'installazione.

Nota: tutti i collegamenti devono essere effettuati da elettricisti preparati.

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

Collegamento della strumentazione pneumatica di controllo

Per tutti i prodotti o sistemi equipaggiati con componenti pneumatici occorre assicurarsi che la pressione di alimentazione dell'aria compressa sia corretta.
Riferirsi al disegno fornito, con la specifica installazione ed ai manuali di installazione operativi di ciascun apparecchio per determinare i requisiti del componente stesso.

Δ Assicurarsi che la linea di alimentazione aria strumenti sia stata chiusa, e che la linea a valle non sia in pressione prima di iniziare qualsiasi connessione.
Riferirsi al disegno o alle istruzioni di installazione contenuti nel Manuale di Uso e Manutenzione del componente pneumatico ed alle relative istruzioni di collegamento pneumatico.

Δ Nota: per tutte le connessioni pneumatiche, l'uso e/o il tipo di sigillante o di guarnizioni degli accoppiamenti devono essere scelti secondo regole accettate dalla pratica comune, o secondo le specifiche dell'installatore.

Collegamento delle linee di drenaggio

Quando i prodotti o sistemi sono equipaggiati con valvole di drenaggio e di scarico occorre considerare che lo scarico da queste valvole avviene a pressione e temperatura uguale a quella del vapore generato e può causare incidenti se non collegate correttamente.
Si raccomanda che la linea di drenaggio sia collegata ad un serbatoio con relativo sistema di condensazione prima che venga collegata allo scarico.

Δ L'acqua di drenaggio proveniente da un sistema vapore trovandosi alla pressione del vapore può vaporizzare istantaneamente (flash) appena in contatto con l'atmosfera.

Completamento dell'Installazione

A completamento della installazione tutta la documentazione fornita con l'apparecchio o sistema deve essere passata al personale di manutenzione.

Linee guida di Avviamento e Manutenzione.

Δ Nota: Vedere le specifiche di progetto di ciascuna unità, nonché la targa dati apposta all'esterno del sistema e le targhe dati di ciascun componente collegati all'apparecchio al fine di determinare le massime condizioni di esercizio dell'unità.

Δ Vapore o acqua surriscaldata possono essere molto pericolosi, dovuto al fatto che essi sono fluidi in pressione ed a temperature molto alte.

Per evitare possibili incidenti, anche mortali, usare il buon senso e seguire tutte le procedure normalmente accettate e raccomandate quando si iniziano operazioni di installazione, avviamento e manutenzione.

Δ **Avvertenze**

Ogni prodotto o sistema che utilizza vapore, olio o acqua surriscaldata in pressione, così come l'elettricità, rappresenta un potenziale pericolo di gravi infortuni alle persone se non vengono seguite attentamente le procedure di installazione, avviamento e manutenzione.

Δ Aree di potenziale pericolo

1. tutte le linee del vapore, olio o acqua surriscaldata, giunti, valvole e regolatori di pressione
2. tutte le linee del vapore prodotto, valvole giunti e regolatori di pressione.
3. tutte le connessioni e cavi elettrici.
4. tutte le linee e giunti dell'aria di alimentazione degli strumenti pneumatici

Funzionamento

Dopo aver completato tutte le procedure di installazione ed eseguita una doppia verifica sui collegamenti l'unità è pronta per essere avviata. Come precauzione è fortemente consigliato seguire le seguenti procedure di avviamento e di messa fuori servizio.
Procedura di Avviamento

1. Assicurarsi che tutte le valvole di intercettazione manuali siano chiuse.
2. Assicurarsi che sia presente sia l'alimentazione elettrica che quella pneumatica per permettere di regolare l'operazione di avviamento.
3. Aprire lentamente la valvola di intercettazione manuale sulla linea del fluido freddo(se esistente), verificando che non vi siano perdite dalla valvola o dalle connessioni. Durante le operazioni iniziali, mantenere la valvola di sicurezza aperta per permettere la fuoriuscita dell'aria dal serbatoio oppure montare un eliminatore di aria. Questo velocizzerà il processo .
4. Questo processo termina quando vengono raggiunte le corrette condizioni di funzionamento(es. pressione , livello etc.)
5. Posizionare i set-point di regolazione ai valori di esercizio desiderati. Consultare la specifica dei prodotti ed i manuali per determinare l'esatta posizione e le corrette procedure di impostazione .
6. Tarare gli allarmi di massima. Consultare i manuali inclusi per determinare l'esatta

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

posizione e le corrette procedure di taratura.

7. Aprire le valvole delle linee di ritorno: Aprire lentamente la valvola di intercettazione sull'ingresso del fluido di calore (primario) e la valvola sulla linea di uscita, creando una situazione di funzionamento approssimativamente vicina a 10-25 % delle condizioni di progetto del sistema. Essendo le valvole aperte verificare eventuali perdite su tutte le valvole e su tutte le connessioni. Per le valvole di regolazione pneumatiche, aprire le valvole di alimentazione dell'aria strumenti.
8. Appena l'unità inizia il suo funzionamento riverificare eventuali perdite sulle linee.
9. Se non si riscontrano perdite proseguire con l'apertura graduale della valvole di intercettazione manuale.
10. Verificare che le variabili del processo siano nel campo desiderato. Consultare la specifica del prodotto e il manuale incluso per determinarne l'esatta posizione e le corrette procedure di taratura.
11. Dopo che l'unità ha raggiunto le condizioni operative, ispezionare nuovamente tutte le connessioni per eventuali perdite. Inoltre verificare tutti gli indicatori (manometri, termostati....) e i componenti di controllo ed assicurarsi che la pressione del vapore e del fluido primario rimangano all'interno delle specifiche di progetto.
12. Ora l'unità è pronta per il normale funzionamento.

Ispezioni

La tabella seguente riassume gli intervalli di tempo raccomandati per le ispezioni di un sistema vapore, dei componenti, delle linee dei fluido e delle connessioni pneumatiche e di potenza.

IMPORTANTE
INFORMAZIONI SULLA SICUREZZA:
LEGGERE ATTENTAMENTE

Rischi da considerare per l'installazione, l'uso e la manutenzione:

1. Accessibilità: Assicurarsi una accessibilità sicura e se necessario una piattaforma di lavoro prima di cominciare a lavorare sul prodotto. Predisporre un mezzo di sollevamento se necessario.
2. Illuminazione: Assicurare una adeguata illuminazione, specialmente dove si deve lavorare su dei particolari o in zone intricate.
3. Liquidi o gas pericolosi nelle tubazioni Considerare che cosa c'è nelle tubazioni o che cosa c'è stato fino a poco tempo prima. Considerare se ci sono materiali infiammabili, sostanze dannose alla salute, valori estremi di temperatura.
4. Atmosfere ed aree di pericolo. Considerare: aree a rischio di esplosione, mancanza di ossigeno (serbatoi o pozzi), gas pericolosi, valori estremi di temperatura, superfici riscaldanti, fiamme libere a rischio (es. durante saldatura), elevati livelli di rumorosità, macchine in movimento.
5. Il sistema. Considerare gli effetti sull'intero sistema del lavoro da svolgere. Può qualche intervento (ad esempio chiudere una valvola di intercettazione, togliere tensione) mettere a rischio qualche parte del sistema o qualche altro lavoratore? Tra i pericoli si possono includere la chiusura degli sfiati o l'isolamento dei dispositivi di protezione o il rendere inefficaci i controlli o gli allarmi. Assicurarsi che le valvole di intercettazione siano chiuse o aperte in modo graduale per evitare shock al sistema.
6. Sistemi in pressione. Assicurarsi che ogni parte in pressione sia isolata o sfiatata alla pressione atmosferica in modo sicuro. Considerare la necessità di isolare in due punti (doppio blocco e sfogo) e di bloccare e/o marcare le valvole chiuse. Non presumere che il sistema sia depressurizzato solo perché il o i manometri indicano zero.
7. Temperatura. Attendere un tempo sufficiente perché la temperatura si normalizzi dopo l'isolamento per evitare il rischio di bruciature.
8. Attrezzi e materiale di consumo. Prima di iniziare il lavoro assicurarsi la disponibilità di attrezzi adatti e/o materiali di consumo. Usare solo ricambi originali .
9. Indumenti protettivi. Considerare se sia necessario qualche tipo di indumento protettivo per proteggersi dai rischi derivanti da, per esempio, sostanze chimiche, temperatura alta o bassa, rumore, caduta di pesi, danni agli occhi o al viso.
10. Autorizzazione per lavorare. Tutti i lavori devono essere eseguiti o supervisionati da personale competente.
11. Quando è richiesta una autorizzazione formale a lavorare, occorre uniformarsi a questa disposizione. Dove non c'è tale disposizione si raccomanda che una persona responsabile sia a conoscenza del lavoro in corso e dove necessario provvedere affinché ci sia un assistente la cui primaria responsabilità sia la

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

sicurezza. Inviare avvertenze scritte se necessario.

12. Lavori elettrici. Prima di iniziare il lavoro studiare lo schema elettrico e le istruzioni per i collegamenti e ogni particolare requisito.
13. Considerare in particolare: tensione e fase della linea esterna, sezionamenti di linea locali, caratteristiche dei fusibili, messa a terra, cavi speciali, entrata dei cavi/passacavi, schermaggio elettromagnetico.
14. Messa in esercizio. Dopo l'installazione o la manutenzione assicurarsi che il sistema sia perfettamente funzionante. Eseguire dei test su ogni dispositivo di allarme o di protezione.
15. Smaltimento. Le apparecchiature inutilizzabili devono essere smaltite con una procedura che garantisca la sicurezza.

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.